কানাইলাল মুখোপাধ্যায়

পশ্চিমবঙ্গ রাজ্য পুস্তক পর্ষদ

জৈব রসায়ন

[দ্বিতীয় খণ্ড]

COMPLIMENTARY

কানাইলাল মুখোপাধ্যায়
এম্. এস্-সি., ডবলু. বি. ই. এস.

অ্যাসিস্ট্যাণ্ট প্রফেসর, বারাসাত গভর্নমেণ্ট কলেজ ; ভূতপূর্ব লেকচারার, কৃষ্ণনগর উইমেন্স কলেজ, কৃষ্ণনগর গভর্নমেণ্ট কলেজ, বারাসাত গভর্নমেণ্ট কলেজ ; ভূতপূর্ব অ্যাসিস্ট্যাণ্ট প্রফেসর, মৌলানা আজাদ কলেজ (কলিকাতা), আচার্য ব্রজেন্দ্রনাথ শীল কলেজ (কোচবিহার)

পশ্চিমবঙ্গ রাজ্য পুস্তক পর্ষদ

JAIBA RASAYAN

[Organic Chemistry]

KANAILAL MUKHOPADHYAY

© West Bengal State Book Board

© পশ্চিমবঙ্গ রাজ্য পুস্তক পর্ষদ

প্রথম প্রকাশ : জুলাই, ১৯৮৭

প্রকাশক :
পশ্চিমবঙ্গ রাজ্য পুস্তক পর্ষদ ;
(পশ্চিমবঙ্গ সরকারের একটি সংস্থা)
৬এ রাজা সুবোধ মল্লিক স্কোয়ার ;
কলিকাতা-৭০০ ০১৩ ।

মুদ্রক :
সুরেশ দত্ত,
মডার্ন প্রিণ্টার্স,
১২ উল্টাডাঙ্গা মেন রোড,
কলিকাতা-৭০০ ০৬৭ ।

চিত্র : নির্মল কর্মকার

প্রচ্ছদ : শ্রীদুর্গা রায়

মূল্য : বত্রিশ টাকা

Published by DR. LADLIMOHAN ROYCHOUDHURY, Chief Executive Officer, West Bengal State Book Board, under the Centrally Sponsored Scheme of production of books and literature in regional language at the University level, launched by the Government of India, the Ministry of Human Resources Development (Department of Education) New Delhi.

উৎসর্গ

যাঁর একান্ত উৎসাহ, অনুপ্রেরণা এবং সক্রিয় সহযোগিতায় কেমিষ্ট্রী পড়া আমার পক্ষে সম্ভব হয়েছিল, আমার সেই বড় জামাইবাবু ৺অমৃতময় মুখোপাধ্যায়ের

উদ্দেশ্যে

ভূমিকা

পশ্চিমবঙ্গের বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের বি.এসসি. শ্রেণীর রসায়নের সর্বশেষ (পাস) পাঠ্যক্রম অনুযায়ী 'জৈব রসায়ন' বইয়ের প্রথম খণ্ডটি ১৯৮৬ সালের মে মাসে প্রকাশিত হয়েছিল, এখন এই বইয়ের দ্বিতীয় এবং শেষ খণ্ডটি প্রকাশিত হলো।

এই খণ্ডটির জন্য নতুন করে ভূমিকা লেখার প্রয়োজন মনে করি না। কারণ দুটি খণ্ড একত্রে আসলে একটি বই। এই খণ্ডটি প্রকাশের ফলে বইটি সম্পূর্ণ হলো। তাই প্রথম খণ্ডের ভূমিকাটি এ খণ্ডের ক্ষেত্রে সমানভাবে প্রযোজ্য।

এই খণ্ডেরও প্রুফরিডার ছিলেন শ্রীমানিকচন্দ্র দে, ছবি এবং রাসায়নিক সমীকরণ ইত্যাদির ব্লকের জন্য অঙ্কনের দায়িত্বে ছিলেন শ্রীনির্মলেন্দু কর্মকার এবং ছাপার দায়িত্বে ছিলেন মর্ডান প্রিন্টার্সের শ্রীসুরেশ দত্ত। পর্ষদের মুখ্য প্রশাসন আধিকারিক ডঃ ল্যাডলিমোহন রায়চৌধুরী এবং পর্ষদের বিভিন্ন কর্মী এই খণ্ডটি প্রকাশের জন্য আমাকে নানাভাবে সহযোগিতা করেছেন। এদের প্রত্যেকের কাছে আমি কৃতজ্ঞ।

শিক্ষার্থী এবং শিক্ষক প্রত্যেকের কাছ থেকেই এই বইয়ের জন্য মন্তব্য এবং মতামতের অপেক্ষায় রইলাম।

কানাইলাল মুখোপাধ্যায়

রসায়ন বিভাগ
বারাসাত রাষ্ট্রীয় মহাবিদ্যালয়
১লা আষাঢ়, ১৩৯৪

সূচীপত্র

জৈব রসায়ন

(২য় খণ্ড)

২১

প্রতিস্থাপিত হাইড্রক্সি অ্যাসিড সমূহ এবং অসংপৃক্ত দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড সমূহ

Substituted Hydroxy Acids & Unsaturated Dibasic Acids

কার্বক্সিল অ্যাসিডের কার্বন শৃংখলে অবস্থিত হাইড্রোজেনকে হাইড্রক্সি মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে যে যৌগ পাওয়া যায় তাকে হাইড্রক্সি অ্যাসিড বলে। হাইড্রক্সি অ্যাসিডে এক বা একাধিক কার্বক্সিল মূলকও যেমন থাকতে পারে তেমনি এক বা একাধিক হাইড্রক্সি মূলকও থাকতে পারে।

নামকরণ ঃ হাইড্রক্সি অ্যাসিডগুলিকে সাধারণত কার্বক্সিল অ্যাসিডের হাইড্রক্সি জাতক হিসেবে নামকরণ করা হয় এবং কার্বক্সিল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে হাইড্রক্সি মূলকের অবস্থান গ্রীক অক্ষর দিয়ে সুনির্দিষ্ট করা হয়। যেমন,

$HO \cdot CH_2 \cdot COOH$	হাইড্রক্সি অ্যাসিটিক অ্যাসিড
$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH$	α-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড
$HO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$	β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড

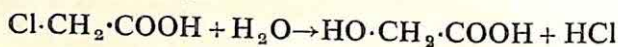
IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণে হাইড্রক্সি মূলকের অবস্থান সংখ্যা দিয়ে সুনির্দিষ্ট করা হয়। যেমন

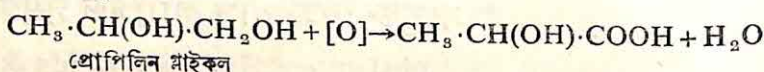
$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH$	2 হাইড্রক্সি প্রোপানোয়িক অ্যাসিড বা 1 হাইড্রক্সি 1 কার্বক্সিল ইথেন
$CH_3CH_2CH(OH) \cdot COOH$	2 হাইড্রক্সি বিউটানোয়িক অ্যাসিড বা 1 হাইড্রক্সি 1 কার্বক্সিল প্রোপেন।

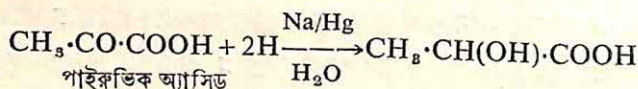
অনেক সময় হাইড্রক্সি অ্যাসিডের উৎসের নামানুসারেও নামকরণ করা হয়ে থাকে। যেমন—ল্যাকটিক অ্যাসিড টক দুধ থেকে পাওয়া যায়। আর ল্যাটিন ভাষায় lac মানে দুধ।

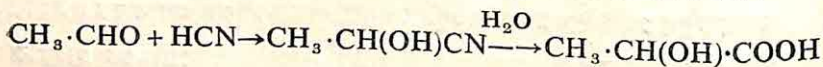
প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ ঃ (I) হ্যালো প্রতিস্থাপিত কার্বক্সিল

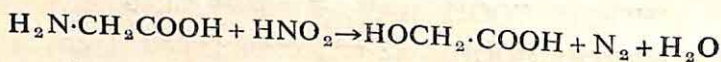
অ্যাসিডকে সিলভার হাইড্রক্সাইড বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে হাইড্রক্সি অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$Cl \cdot CH_2 \cdot COOH + H_2O \rightarrow HO \cdot CH_2 \cdot COOH + HCl$$

(2) গ্লাইকলকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে নিয়ন্ত্রিত জারণের ফলে হাইড্রক্সি অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

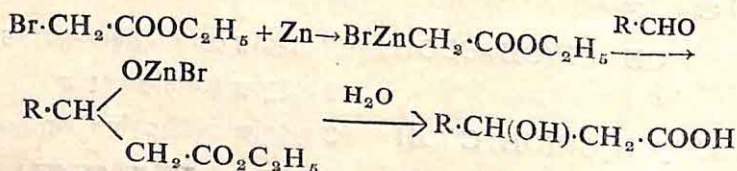
$$\underset{\text{প্রোপিলিন গ্লাইকল}}{CH_3 \cdot CH(OH) \cdot CH_2OH} + [O] \rightarrow CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH + H_2O$$

(3) অ্যালডিহাইডিক বা কিটোনিক অ্যাসিড বিজারণে হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়।

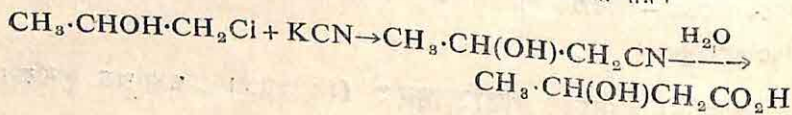
$$\underset{\text{পাইরুভিক অ্যাসিড}}{CH_3 \cdot CO \cdot COOH} + 2H \xrightarrow[H_2O]{Na/Hg} CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH$$

(4) অ্যালডিহাইড বা কিটোনের সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3 \cdot CHO + HCN \rightarrow CH_3 \cdot CH(OH)CN \xrightarrow{H_2O} CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH$$

(5) অ্যামাইনো অ্যাসিডের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$H_2N \cdot CH_2COOH + HNO_2 \rightarrow HOCH_2 \cdot COOH + N_2 + H_2O$$

(6) জিংকের উপস্থিতিতে α-হ্যালো অ্যাসিডের এস্টারের সঙ্গে কার্বনিল যৌগের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াটিকে রিফর্মাট্স্কি বিক্রিয়া (Reformatsky reaction) বলে।

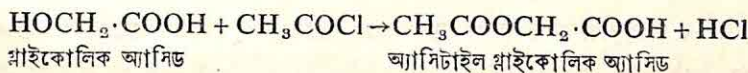
$$Br \cdot CH_2 \cdot COOC_2H_5 + Zn \rightarrow BrZnCH_2 \cdot COOC_2H_5 \xrightarrow{R \cdot CHO}$$

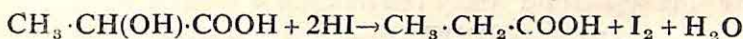
$$R \cdot CH \begin{cases} OZnBr \\ CH_2 \cdot CO_2C_2H_5 \end{cases} \xrightarrow{H_2O} R \cdot CH(OH) \cdot CH_2 \cdot COOH$$

(7) ক্লোরোহাইড্রিন যৌগের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3 \cdot CHOH \cdot CH_2Cl + KCN \rightarrow CH_3 \cdot CH(OH) \cdot CH_2CN \xrightarrow{H_2O} CH_3 \cdot CH(OH)CH_2CO_2H$$

সাধারণ ধর্ম ও বিক্রিয়াসমূহ ঃ গ্লাইকলিক অ্যাসিডটি সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ, কিন্তু অন্যান্য হাইড্রক্সি অ্যাসিডগুলি তরল। এই শ্রেণীর সদস্যরা জলে এবং কোহলে দ্রাব্য। হাইড্রক্সি মূলক থাকায় এই শ্রেণীর সদস্যরা অনুরূপ ফ্যাটি অ্যাসিডের থেকে জলে অধিক দ্রাব্য।

হাইড্রক্সি ও কার্বক্সিল মূলকের বিক্রিয়াসমূহ হাইড্রক্সি অ্যাসিড দেখায়। কার্বক্সিল মূলক থাকায় এই শ্রেণীর যৌগ থেকে লবণ, এস্টার, অ্যামাইড, অ্যাসিড ক্লোরাইড ইত্যাদি প্রস্তুত করা যায় এবং হাইড্রক্সি মূলককে এস্টারে এবং ইথারে পরিণত করা যায়।

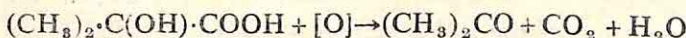
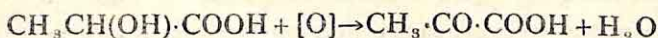
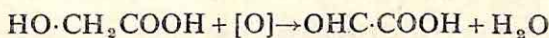
(1) হাইড্রক্সি অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{গ্লাইকোলিক অ্যাসিড}}{HOCH_2\cdot COOH} + CH_3COCl \rightarrow \underset{\text{অ্যাসিটাইল গ্লাইকোলিক অ্যাসিড}}{CH_3COOCH_2\cdot COOH} + HCl$$

(2) হাইড্রক্সি অ্যাসিডকে ঘন হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে হাইড্রক্সি অ্যাসিড বিজারিত হয়ে ফ্যাটি অ্যাসিডে পরিণত হয়।

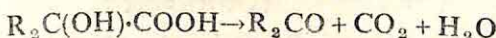
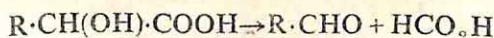
$$CH_3\cdot CH(OH)\cdot COOH + 2HI \rightarrow CH_3\cdot CH_2\cdot COOH + I_2 + H_2O$$

(3) হাইড্রক্সি অ্যাসিডকে জারিত করলে হাইড্রক্সি মূলকের প্রকারভেদে এক এক প্রকার জারিত বস্তু পাওয়া যায়। যেমন প্রাথমিক হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট অ্যাসিডের ক্ষেত্রে অ্যালডিহাইডিক কার্বক্সিল অ্যাসিড, দ্বিতীয়ক হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট অ্যাসিডের ক্ষেত্রে কিটোনিক কার্বক্সিল অ্যাসিড এবং তৃতীয়ক হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট অ্যাসিডের ক্ষেত্রে কিন্তু কেবল কিটোন, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণ, পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বা ফেনটন বিকারক জারক দ্রব্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

$$HO\cdot CH_2COOH + [O] \rightarrow OHC\cdot COOH + H_2O$$

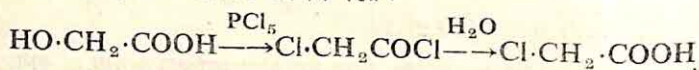
$$CH_3CH(OH)\cdot COOH + [O] \rightarrow CH_3\cdot CO\cdot COOH + H_2O$$

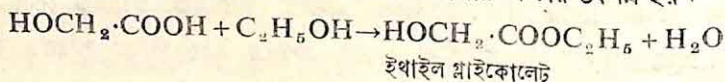
$$(CH_3)_2\cdot C(OH)\cdot COOH + [O] \rightarrow (CH_3)_2CO + CO_2 + H_2O$$

(4) α-হাইড্রক্সি অ্যাসিডকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা লঘু পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে কার্বনিল যৌগ পাওয়া যায়।

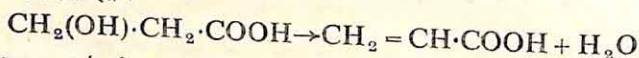
$$R\cdot CH(OH)\cdot COOH \rightarrow R\cdot CHO + HCO_2H$$

$$R_2C(OH)\cdot COOH \rightarrow R_2CO + CO_2 + H_2O$$

প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক হাইড্রক্সি মূলকের ক্ষেত্রে অ্যালডিহাইড এবং তৃতীয় হাইড্রক্সি মূলকের ক্ষেত্রে কিটোন পাওয়া যায়।

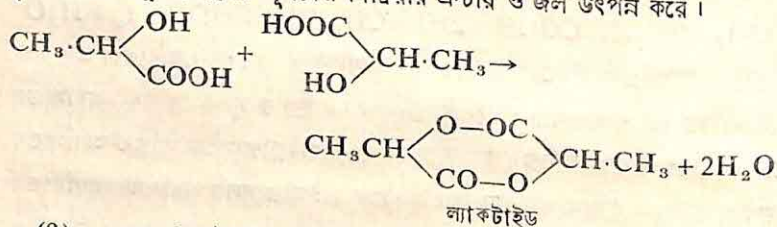
(5) হাইড্রক্সি অ্যাসিডের হাইড্রক্সি মূলক ও কার্বক্সিল মূলক ফসফরাস পেণ্টা ক্লোরাইডের দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং উৎপন্ন ক্লোরো অ্যাসিড-ক্লোরাইড সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ক্লোরো অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \xrightarrow{PCl_5} Cl{\cdot}CH_2COCl \xrightarrow{H_2O} Cl{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

(6) হাইড্রক্সি অ্যাসিডের সঙ্গে কোহলের বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন হয়।

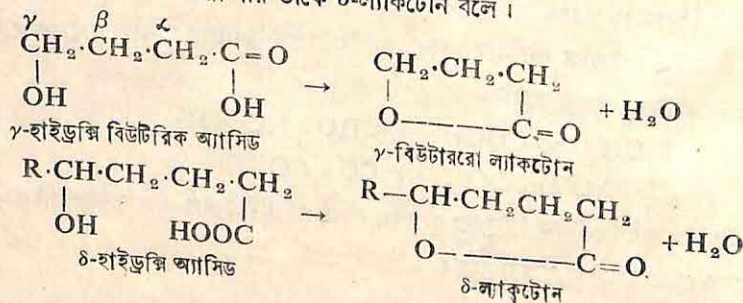
$$HOCH_2{\cdot}COOH + C_2H_5OH \rightarrow \underset{\text{ইথাইল গ্লাইকোলেট}}{HOCH_2{\cdot}COOC_2H_5} + H_2O$$

(7) উত্তপ্ত করলে β-হাইড্রক্সি অ্যাসিডের থেকে জল বিযুক্ত হয়ে অসংপৃক্ত অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

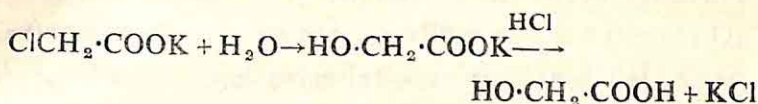
$$CH_2(OH){\cdot}CH_2{\cdot}COOH \rightarrow CH_2 = CH{\cdot}COOH + H_2O$$

(8) α-হাইড্রক্সি অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে ছয় পরমাণু বিশিষ্ট চক্রাকার যৌগ উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন যৌগকে ল্যাকটাইড (lactides) বলে। ল্যাকটাইড হলো আসলে এস্টার শ্রেণীর যৌগ। এক অণু α-হাইড্রক্সি অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক অপর অণুর হাইড্রক্সি মূলকের বিক্রিয়ায় এস্টার ও জল উৎপন্ন করে।

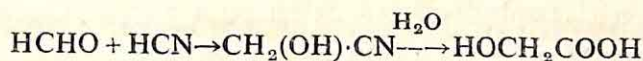
$$CH_3{\cdot}CH\begin{cases}OH\\COOH\end{cases} + \begin{matrix}HOOC\\HO\end{matrix}\Big\rangle CH{\cdot}CH_3 \rightarrow$$

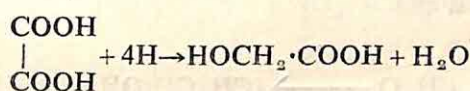
$$\underset{\text{ল্যাকটাইড}}{CH_3CH\begin{cases}O-OC\\CO-O\end{cases}\!\!\Big\rangle CH{\cdot}CH_3} + 2H_2O$$

(9) γ এবং δ-হাইড্রক্সি অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে অণুতে অবস্থিত হাইড্রক্সি মূলক ঐ অণুতে অবস্থিত কার্বক্সিল মূলকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অন্তঃস্থ এস্টার ও জল উৎপন্ন করে। এই অন্তঃস্থ (internal) এস্টারকে ল্যাকটোন বলে। γ-হাইড্রক্সি অ্যাসিড থেকে যে ল্যাকটোন পাওয়া যায় তাকে γ-ল্যাকটোন বলে এবং δ-হাইড্রক্সি অ্যাসিড থেকে যে ল্যাকটোন পাওয়া যায় তাকে δ-ল্যাকটোন বলে।

$$\underset{\gamma\text{-হাইড্রক্সি বিউটিরিক অ্যাসিড}}{\overset{\gamma}{C}H_2(OH){\cdot}\overset{\beta}{C}H_2{\cdot}\overset{\alpha}{C}H_2{\cdot}C(=O)OH} \rightarrow \underset{\gamma\text{-বিউটাররো ল্যাকটোন}}{\begin{matrix}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2\\ |\qquad\qquad |\\ O\text{———}C=O\end{matrix}} + H_2O$$

$$\underset{\delta\text{-হাইড্রক্সি অ্যাসিড}}{R{\cdot}CH(OH){\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH} \rightarrow \underset{\delta\text{-ল্যাকটোন}}{\begin{matrix}R-CH{\cdot}CH_2CH_2CH_2\\ |\qquad\qquad\quad |\\ O-\text{———}C=O\end{matrix}} + H_2O$$

গ্লাইকোলিক অ্যাসিড, হাইড্রক্সি অ্যাসিটিক অ্যাসিড, হাইড্রক্সি ইথানোয়িক অ্যাসিড, $HOCH_2COOH$ ঃ কাঁচা ফলের রসে গ্লাইকোলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এছাড়া বিট ও আখের রসেও পাওয়া যায়। পটাশিয়াম ক্লোরো অ্যাসিটেটকে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে ফুটিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করার পর আম্লিক করলে গ্লাইকোলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

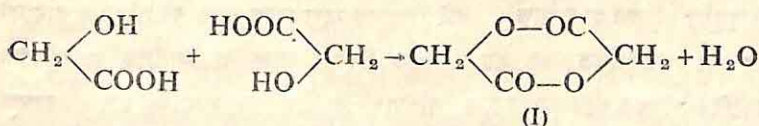
$$ClCH_2{\cdot}COOK + H_2O \rightarrow HO{\cdot}CH_2{\cdot}COOK \xrightarrow{HCl} HO{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + KCl$$

ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানো হাইড্রিনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে গ্লাইকোলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$HCHO + HCN \rightarrow CH_2(OH){\cdot}CN \xrightarrow{H_2O} HOCH_2COOH$$

অকজালিক অ্যাসিডকে তড়িৎ বিজারণে গ্লাইকোলিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। (শিল্পোৎপাদন)

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} + 4H \rightarrow HOCH_2{\cdot}COOH + H_2O$$

গ্লাইকোলিক অ্যাসিড কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 80°C। জলে, কোহলে ও ইথারে দ্রাব্য।

গ্লাইকোলিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে যে ল্যাকটাইড পাওয়া যায় তাকে গ্লাই-কোলাইড (I) বলে।

$$CH_2\left\langle\begin{array}{l} OH \\ COOH \end{array}\right. + \left.\begin{array}{r} HOOC \\ HO \end{array}\right\rangle CH_2 \rightarrow CH_2\left\langle\begin{array}{c} O-OC \\ CO-O \end{array}\right\rangle CH_2 + H_2O$$

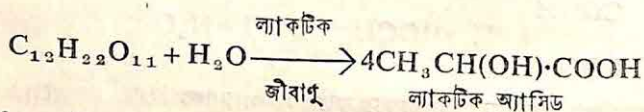
(I)

গ্লাইকোলিক অ্যাসিডের অন্যান্য বিক্রিয়া α-হাইড্রক্সি অ্যাসিডের মত।

ল্যাকটিক অ্যাসিড, α হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড $CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}COOH$ ঃ দুধ টকে গেলে তাতে ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। দুধের ল্যাটিন শব্দ lac থেকে এই অ্যাসিডের নামকরণ করা হয়েছে। এছাড়া রক্তে ও মানুষের দেহে পেশীর কোষকলায় (Tissue) এটির অস্তিত্ব মেলে। শীলে (Scheele) প্রথম এই অ্যাসিডটি আবিষ্কার করেন।

ল্যাকটিক অ্যাসিডে একটি অপ্রতিসম বা অসমমিত (Asymmetric) কার্বন

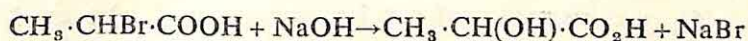
পরমাণু থাকায় এই অ্যাসিডটির দুটি আলোক সক্রিয় (Optically active) সমাবয়ব *d* ল্যাকটিক অ্যাসিড ও *l* ল্যাকটিক অ্যাসিড আছে। এছাড়া আলোক নিষ্ক্রিয় (Optically inactive) *dl* ল্যাকটিক অ্যাসিড আছে। সাধারণত সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপন্ন ল্যাকটিক অ্যাসিড আসলে *dl* ল্যাকটিক অ্যাসিড বা র‍্যাসিমিক মিশ্রণ (Racemic mixture)। জীবদেহের পেশী সঞ্চালনের ফলে গ্লাইকোজেন (Glycogen) থেকে উদ্ভূত ল্যাকটিক অ্যাসিডকে সারকোল্যাকটিক অ্যাসিড (Sarco-lactic acid) বলে। সারকোল্যাকটিক অ্যাসিড আসলে দক্ষিণ (ডান) ঘূর্ণক (Dextro rotatory) বা *d* ল্যাকটিক অ্যাসিড। ব্যাসিল্যাস অ্যাসিডি লিভোল্যাকটি (Bacillus Acidi Laevolacti) নামে এক প্রকার জীবাণু দ্বারা ল্যাকটোজ, গ্লুকোজ বা চিনির জলীয় দ্রবণকে সন্ধান বিক্রিয়া করালে বাম ঘূর্ণক (Laevo-rotatory) ল্যাকটিক অ্যাসিড বা *l* ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

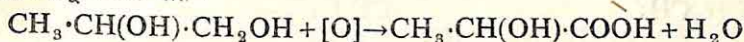
প্রস্তুতি ঃ গ্লুকোজ, চিনি বা গুড় থেকে সন্ধান বিক্রিয়ায় ল্যাকটিক অ্যাসিড বাণিজ্যিকভাবে প্রস্তুত করা হয়।

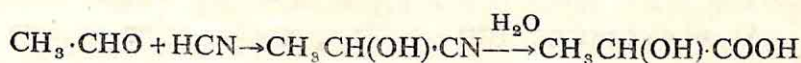
$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow[\text{জীবাণু}]{\text{ল্যাকটিক}} \underset{\text{ল্যাকটিক অ্যাসিড}}{4CH_3CH(OH){\cdot}COOH}$$

চিনি জাতীয় দ্রবণে টক দুধ মিশিয়ে 45°C-এ রাখা হয়। টক দুধে নানা ধরনের ল্যাকটিক জীবাণু থাকে, যা চিনিকে সন্ধান বিক্রিয়ার দ্বারা ল্যাকটিক অ্যাসিডে পরিণত করে। সন্ধান বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ল্যাকটিক অ্যাসিডের পরিমাণ 1% অধিক হলে জীবাণুগুলি নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়ে। তাই মিশ্রণের মধ্যে মাঝে মাঝে ক্যালসিয়াম কার্বনেট যোগ করে আলোড়িত করা হয়। এতে উৎপন্ন ল্যাকটিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম ল্যাকটেটে পরিণত করে অ্যাসিডের পরিমাণ 1%-এর তলায় রাখা যায়। সম্পূর্ণ প্রশমিত হলে সন্ধান বিক্রিয়ায় ল্যাকটিক অ্যাসিডের পরিবর্তে বিউটিরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। তাই সম্পূর্ণ প্রশমিত করা হয় না। 8-10 দিন ধরে এই সন্ধান বিক্রিয়া চালিয়ে বিক্রিয়াটি শেষ করা হয়। দ্রবণটিকে ফুটিয়ে ল্যাকটিক জীবাণুগুলিকে বিনষ্ট করে, পরিস্রুত করে ক্যালসিয়াম ল্যাকটেট পৃথক করা হয় এবং পুনঃ কেলাসন প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ করে পরিমিত পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে ল্যাকটিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। পরিস্রুত করে ক্যালসিয়াম সালফেটকে পৃথক করে নিম্নচাপে পাতন করে ল্যাকটিক অ্যাসিডকে বিশুদ্ধ করা হয়।

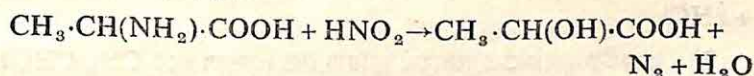
টক দুধের বদলে বিশেষভাবে প্রস্তুত ল্যাকটিক জীবাণু ব্যবহারে ফল ভালো হয়।

সংশ্লেষণ পদ্ধতি : (1) ক্লোরো বা ব্রোমো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডকে সিলভার অক্সাইড বা কস্টিক সোডা দ্রবণে দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

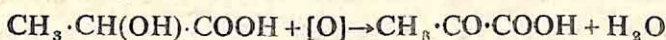
$$CH_3 \cdot CHBr \cdot COOH + NaOH \rightarrow CH_3 \cdot CH(OH) \cdot CO_2H + NaBr$$

(2) প্রোপিলিন গ্লাইকলকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে ল্যাকটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

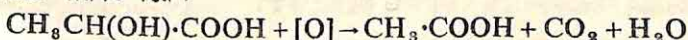
$$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot CH_2OH + [O] \rightarrow CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH + H_2O$$

(3) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

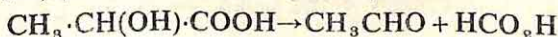
$$CH_3 \cdot CHO + HCN \rightarrow CH_3 CH(OH) \cdot CN \xrightarrow{H_2O} CH_3 CH(OH) \cdot COOH$$

(4) ∝-অ্যামাইনো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ল্যাকটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

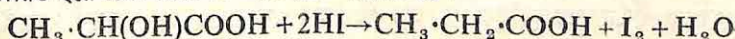
$$CH_3 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH + HNO_2 \rightarrow CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH + N_2 + H_2O$$

ধর্ম : ল্যাকটিক অ্যাসিড বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 18°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 122°C/15 mm। তরল ল্যাকটিক অ্যাসিড বর্ণহীন সিরাপের মত পদার্থ। ল্যাকটিক অ্যাসিডের একটা টক গন্ধ আছে এবং এটি জলাকর্ষী পদার্থ। জলে খুবই দ্রাব্য।

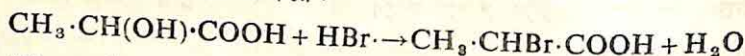
বিক্রিয়াসমূহ : (1) ফেনটন বিকারকের ন্যায় মৃদু জারক দ্রব্য ল্যাকটিক অ্যাসিডকে পাইরুভিক অ্যাসিডে জারিত করে।

$$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH + [O] \rightarrow CH_3 \cdot CO \cdot COOH + H_2O$$

শক্তিশালী জারক দ্রব্য যেমন ক্রোমিক অ্যাসিড ল্যাকটিক অ্যাসিডকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

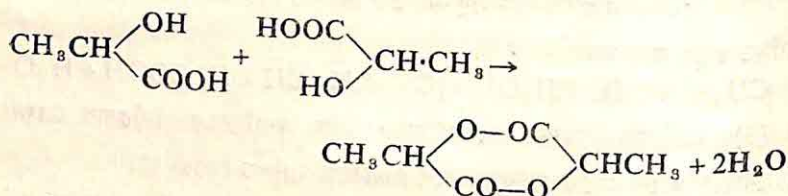
$$CH_3CH(OH) \cdot COOH + [O] \rightarrow CH_3 \cdot COOH + CO_2 + H_2O$$

(2) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ল্যাকটিক অ্যাসিড অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

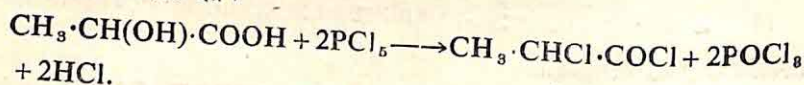
$$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH \rightarrow CH_3CHO + HCO_2H$$

(3) ঘন হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ল্যাকটিক অ্যাসিড বিজারিত হয়ে প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CH_3 \cdot CH(OH)COOH + 2HI \rightarrow CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH + I_2 + H_2O$$

(4) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ল্যাকটিক অ্যাসিড ${\alpha}$-ব্রোমো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}COOH + HBr{\cdot} \rightarrow CH_3{\cdot}CHBr{\cdot}COOH + H_2O$$

(5) খুব উত্তপ্ত করলে ল্যাকটিক অ্যাসিড চক্রাকার অন্তঃস্থ এস্টার ল্যাকটাইডে পরিণত হয়।

$$CH_3CH\begin{cases}OH\\COOH\end{cases} + \begin{matrix}HOOC\\HO\end{matrix}\Big\rangle CH{\cdot}CH_3 \rightarrow$$

$$CH_3CH\begin{cases}O-OC\\CO-O\end{cases}\Big\rangle CHCH_3 + 2H_2O$$

6. ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ল্যাকটিক অ্যাসিড ল্যাকটাইল ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}COOH + 2PCl_5 \longrightarrow CH_3{\cdot}CHCl{\cdot}COCl + 2POCl_3 + 2HCl.$$

7. ল্যাকটিক অ্যাসিড হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া দেয়। কারণ এতে $CH_3{\cdot}CHOH-$ এই অংশটি আছে।

ব্যবহার ঃ চামড়া শিল্পে চামড়া থেকে চুন অপসারণের জন্য, উলকে রঙ করতে ল্যাকটিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। এছাড়া ইথাইল ল্যাকটেট দ্রাবক হিসেবে এবং ফেরিক ও ক্যালসিয়াম ল্যাকটেট ওষুধ (টনিক) হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

সারকোল্যাকটিক অ্যাসিড (Sarcolatic acid) ঃ Sarkos মানে মাংস। আর এর থেকে এই অ্যাসিডটির নামকরণ হয়েছে। বার্জিলিয়াস (Berzelius) 1808 খ্রীস্টাব্দে এই অ্যাসিডটি আবিষ্কার করেন। মাংসপেশীর সঞ্চালনের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি গ্লাইকোজেন বিয়োজনের ফলে উদ্ভূত হয়। গ্লাইকোজেন বিয়োজনে এই সারকোল্যাকটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সারকোল্যাকটিক অ্যাসিডের ধর্ম ও বিক্রিয়াসমূহ সাধারণ ল্যাকটিক অ্যাসিডের (যা টক দুধ থেকে পাওয়া যায়) মত। কেবল সারকোল্যাকটিক অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 26°C এবং এটি ডান ঘূর্ণক আলোক সক্রিয় যৌগ বা *d* ল্যাকটিক অ্যাসিড। টক দুধ থেকে প্রাপ্ত ল্যাকটিক অ্যাসিড আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ। এটিকে *dl* ল্যাকটিক অ্যাসিড বলে। মাংসকে কোহল দিয়ে নিষ্কাশন করে অ্যালবুমিন (Albumen)-কে অধঃক্ষিপ্ত করার পর কোহলকে পাতন করে দূরীভূত করা হয় এবং অবশিষ্ট পদার্থটিকে আম্লিক করে ইথার

দিয়ে নিষ্কাশন করা হয় এবং ইথারকে বাষ্পীভূত করে দিলে সারকোল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

লিভোল্যাকটিক অ্যাসিড, *l* ল্যাকটিক অ্যাসিড ঃ এই অ্যাসিডটি বাম ঘূর্ণক ল্যাকটিক অ্যাসিড। প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। তবে চিনির জলীয় দ্রবণকে এক বিশেষ ধরনের জীবাণু অ্যাসিডি লিভোল্যাকটি (Bacillus acidi laevolacti) দিয়ে সন্ধান বিক্রিয়া করালে লিভোল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। একমাত্র আলোক ঘূর্ণন ছাড়া লিভোল্যাকটিক অ্যাসিডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সারকোল্যাকটিক অ্যাসিডের ন্যায়।

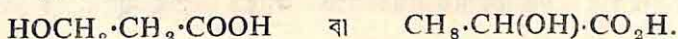
গঠন ঃ (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের জানা যায় যে, ল্যাকটিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $C_3H_6O_3$।

(2) ল্যাকটিক অ্যাসিড এক ধরনের লবণ ও এস্টার দেয়। অতএব ল্যাকটিক অ্যাসিডে একটি কার্বক্সিল মূলক আছে।

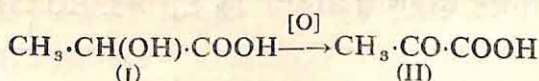
(3) ল্যাকটিক অ্যাসিড এস্টার অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল জাতক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। অতএব ল্যাকটিক অ্যাসিডে একটি হাইড্রক্সি মূলক আছে।

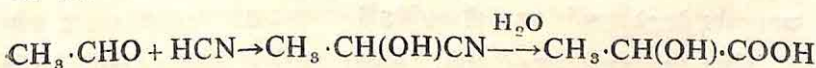
(4) ল্যাকটিক অ্যাসিডকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের দ্বারা বিজারণে প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

উপরে বর্ণিত বিক্রিয়া থেকে ল্যাকটিক অ্যাসিডের দুধরনের গঠন লেখা যেতে পারে। যেমন

$$HOCH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \quad \text{বা} \quad CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}CO_2H.$$

β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড α-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড

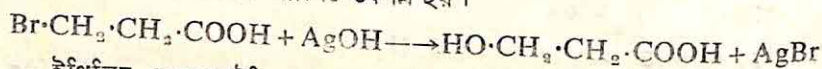
(5) ল্যাকটিক অ্যাসিডকে ফেনটন বিকারক দিয়ে জারণে পাইরুভিক অ্যাসিড (II) পাওয়া যায়। যেটি α কিটো অ্যাসিড। অতএব ল্যাকটিক অ্যাসিডে দ্বিতীয়ক হাইড্রক্সি মূলক অবশ্যই থাকবে।

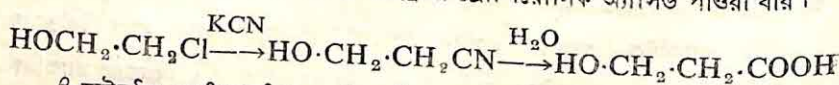
$$\underset{(I)}{CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}COOH} \xrightarrow{[O]} \underset{(II)}{CH_3{\cdot}CO{\cdot}COOH}$$

অতএব ল্যাকটিক অ্যাসিডের গঠন হবে α-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড। এই গঠনটিকে সংশ্লেষণ দিয়েও প্রমাণিত করা যায়।

$$CH_3{\cdot}CHO + HCN \rightarrow CH_3{\cdot}CH(OH)CN \xrightarrow{H_2O} CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}COOH$$

ল্যাকটিক অ্যাসিডে একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু থাকায় ল্যাকটিক অ্যাসিডের দুটি আলোক সক্রিয় সমাবয়ব আছে। যেমন d ও l ল্যাকটিক অ্যাসিড। d ও l ল্যাকটিক অ্যাসিডের সমাণবিক পরিমাণ মিশ্রণ আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ এবং এই মিশ্রণকে dl ল্যাকটিক অ্যাসিড বা র‍্যাসিমিক ল্যাকটিক অ্যাসিড বলে।

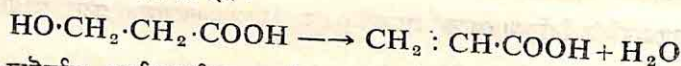
β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড, হাইড্রোঅ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড, $HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$ **ঃ** ল্যাকটিক অ্যাসিডের সঙ্গে সমাবয়ব। তাই এই অ্যাসিডকে β-ল্যাকটিক অ্যাসিড বলে।

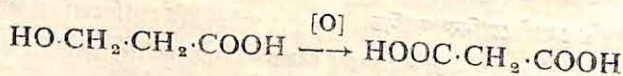
ফুটন্ত জলে β-ব্রোমোপ্রোপিয়োনিক অ্যাসিডের সঙ্গে সিলভার অক্সাইডের বিক্রিয়া β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$Br{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + AgOH \longrightarrow HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + AgBr$$

ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিনের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্র বিশ্লেষণে β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$HOCH_2{\cdot}CH_2Cl \xrightarrow{KCN} HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2CN \xrightarrow{H_2O} HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড সিরাপের ন্যায় তরল। স্বাদ টক এবং এটি আলোক নিষ্ক্রিয় যৌগ কারণ এতে অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু নেই।

β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে অ্যাক্রাইল অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \longrightarrow CH_2 : CH{\cdot}COOH + H_2O$$

β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডকে জারিত করলে ম্যালোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

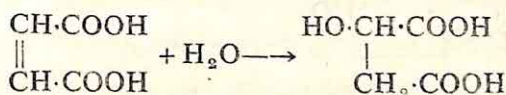
$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \xrightarrow{[O]} HOOC{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

হাইড্রক্সি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড

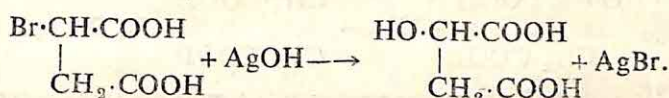
ম্যালিক অ্যাসিড, হাইড্রক্সি সাকসিনিক অ্যাসিড, $\begin{array}{l}HO{\cdot}CH{\cdot}COOH\\ \quad\;\; | \\ \quad\; CH_2{\cdot}COOH\end{array}$ **ঃ**

টক আপেলের রসে ম্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। আপেলের ল্যাটিন শব্দ হলো malum। যার থেকে এই অ্যাসিডটির নাম হয়েছে ম্যালিক অ্যাসিড। এছাড়া কলা, পীচ, টমাটো ইত্যাদি ফলে এই অ্যাসিডটি পাওয়া যায়। তামাক পাতায় এই অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণ আছে। পার্বত্য অ্যাশবেরী (Mountain ash-

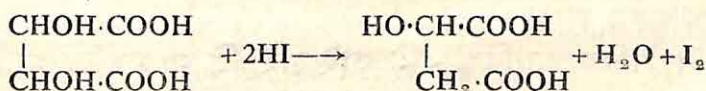
berris) ফলের রস নিষ্কাশিত করে, ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে ফোটানো হয়। এতে ক্যালসিয়াম ম্যালেট অধঃক্ষিপ্ত হয়, যাকে পরিস্রুত করে পৃথক করে পরিমিত পরিমাণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে ম্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(1) উচ্চচাপে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ম্যালেইক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে ম্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} CH{\cdot}COOH \\ \| \\ CH{\cdot}COOH \end{matrix} + H_2O \longrightarrow \begin{matrix} HO{\cdot}CH{\cdot}COOH \\ | \\ CH_2{\cdot}COOH \end{matrix}$$

(2) ফুটন্ত জলে ব্রোমোসাকসিনিক অ্যাসিডের সঙ্গে সিলভার অক্সাইডের বিক্রিয়ায় ম্যালিক উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix} Br{\cdot}CH{\cdot}COOH \\ | \\ CH_2{\cdot}COOH \end{matrix} + AgOH \longrightarrow \begin{matrix} HO{\cdot}CH{\cdot}COOH \\ | \\ CH_2{\cdot}COOH \end{matrix} + AgBr.$$

ম্যালিক অ্যাসিডে একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু থাকায় তিন প্রকার ম্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ডান ঘূর্ণক (d), বাম ঘূর্ণক (l) এবং র‍্যাসিমিক (dl) ম্যালিক অ্যাসিড। টক আপেল, বেরি, আঙ্গুর ইত্যাদি ফলের রস থেকে কেবলমাত্র বাম ঘূর্ণক ম্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

ডান ঘূর্ণক টারটারিক অ্যাসিডকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে ডান ঘূর্ণক ম্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} CHOH{\cdot}COOH \\ | \\ CHOH{\cdot}COOH \end{matrix} + 2HI \longrightarrow \begin{matrix} HO{\cdot}CH{\cdot}COOH \\ | \\ CH_2{\cdot}COOH \end{matrix} + H_2O + I_2$$

আলোক সক্রিয় যে কোন ম্যালিক অ্যাসিড থেকে ভালডান উৎক্রমণের (Walden inversion) সাহায্যে অন্য আলোক সমাবয়ব প্রস্তুত করা যায়।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ম্যালেইক অ্যাসিড বা ব্রোমোসাকসিনিক অ্যাসিড থেকে সমাণবিক পরিমাণ d এবং l ম্যালিক অ্যাসিড অর্থাৎ dl মিশ্রণ পাওয়া যায়।

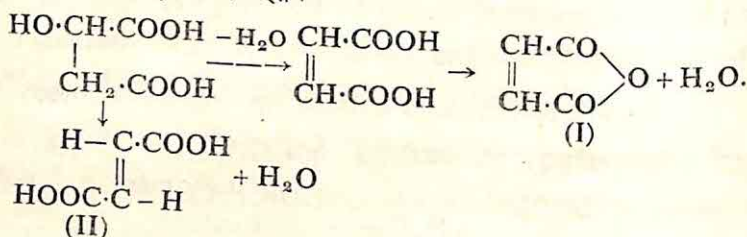
ম্যালিক অ্যাসিড কেলাসাকার কঠিন। d এবং l ম্যালিক অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 100°C, কিন্তু dl অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 130°C। ম্যালিক অ্যাসিড জলে, কোহলে দ্রাব্য।

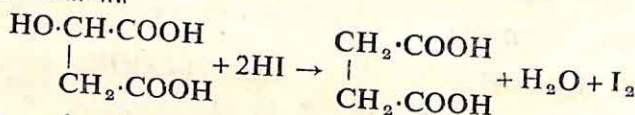
একটি কার্বক্সিল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে হাইড্রক্সিল মূলকটির অবস্থান α হলেও অন্য পরিপ্রেক্ষিতে অবস্থান β। ম্যালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াগুলি সাধারণত β হাইড্রক্সি অ্যাসিডের মত হয়।

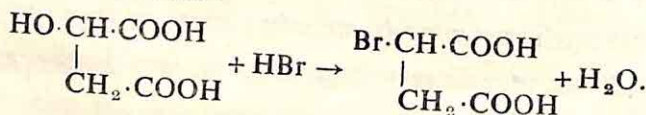
(1) ম্যালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইড (I) ও ফিউ-ম্যারিক অ্যাসিডে (II) পরিণত হয়।

$$\begin{matrix} HO\cdot CH\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix} \xrightarrow{-H_2O} \begin{matrix} CH\cdot COOH \\ \| \\ CH\cdot COOH \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH\cdot CO \\ \| \\ CH\cdot CO \end{matrix}\!\!>\!O + H_2O. \quad (I)$$

$$\downarrow$$

$$\begin{matrix} H-C\cdot COOH \\ \| \\ HOOC\cdot C-H \end{matrix} + H_2O \quad (II)$$

(2) ম্যালিক অ্যাসিডকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারণে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়

$$\begin{matrix} HO\cdot CH\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix} + 2HI \rightarrow \begin{matrix} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix} + H_2O + I_2$$

(3) ম্যালিক অ্যাসিডের সঙ্গে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ব্রোমোসাক-সিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

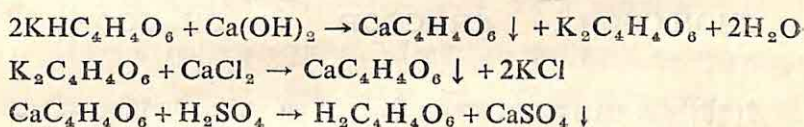
$$\begin{matrix} HO\cdot CH\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix} + HBr \rightarrow \begin{matrix} Br\cdot CH\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix} + H_2O.$$

ব্যবহারঃ পানীয় প্রস্তুতিতে টারটারিক অ্যাসিড, সায়াট্রিক অ্যাসিডের পরিবর্তে আজকাল ম্যালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হচ্ছে। খাদ্য লবণের পরিবর্ত হিসেবে ক্যালসিয়াম ম্যালেট ব্যবহার করা হয়।

টারটারিক অ্যাসিড, α·α' ডাই-হাইড্রক্সি সাকসিনিক অ্যাসিড $HO_2C\cdot CHOH\cdot CHOH\cdot CO_2H$ঃ টারটারিক অ্যাসিডে দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে এবং প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে অভিন্ন পরমাণু ও মূলক থাকায় *d*, *l*, *dl* এবং মেসো চার প্রকার সমাবয়ব টারটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই চার প্রকার টারটারিক অ্যাসিডের মধ্যে *d* ও *l* অ্যাসিড দুটি আলোক সক্রিয় পদার্থ, কিন্তু *dl* এবং মেসো অ্যাসিড দুটি আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ। *dl* বা র‍্যাসিমিক অ্যাসিড থেকে আলোক সক্রিয় *d* ও *l* অ্যাসিডকে আলাদা করা যায়। কিন্তু মেসো অ্যাসিড থেকে আলোক সক্রিয় অ্যাসিড পৃথক করা সম্ভব নয়।

***d*-টারটারিক অ্যাসিড**ঃ মুক্ত অবস্থায় বা পটাশিয়াম হাইড্রোজেন-টারটারেট হিসেবে আঙ্গুরের রসে পাওয়া যায়। তেঁতুলে টারটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। আঙ্গুর রস থেকে সন্ধান প্রক্রিয়ায় মদ প্রস্তুতকালে বাদামী বর্ণের পটাশিয়াম হাইড্রোজেন

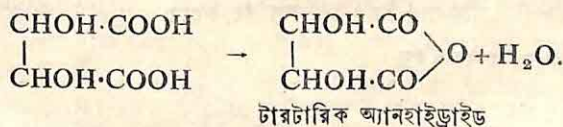
টারটারেট সরের আকারে তলায় জমা হয়। এই বাদামী বর্ণের সরকে আরগল (Argol) বা টারটার (Tartar) বলে। এই আরগল থেকে 1769 খ্রীস্টাব্দে শীলে (Scheele) প্রথম টারটারিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। এখন পর্যন্ত বাণিজ্যিক টারটারিক অ্যাসিডের অন্যতম প্রধান উৎস হলো এই আরগল।

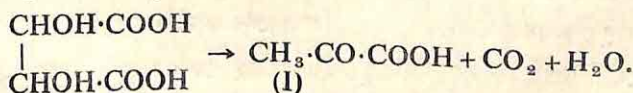
আরগল থেকে টারটারিক অ্যাসিড প্রস্তুতি ঃ আরগলকে জলে ফুটিয়ে পুনঃ কেলাসন দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়। এই বিশুদ্ধ আরগলকে টারটারের ক্রীম (Cream of tartar) বলে। টারটারের ক্রীমকে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের সঙ্গে ফুটিয়ে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম টারটারেট ও দ্রাব্য পটাশিয়াম টারটারেট উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করে পটাশিয়াম টারটারেট থেকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম টারটারেট উৎপন্ন করা হয়। পরিস্রাবণ করে ক্যালসিয়াম টারটারেটকে পৃথক করে পরিমিত পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে টারটারিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম সালফেটকে পরিস্রাবণ করে আলাদা করে দ্রবণকে ঘন করলে টারটারিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়, যাকে পুনঃ কেলাসন প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ করা হয়।

$$2KHC_4H_4O_6 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaC_4H_4O_6\downarrow + K_2C_4H_4O_6 + 2H_2O$$
$$K_2C_4H_4O_6 + CaCl_2 \rightarrow CaC_4H_4O_6\downarrow + 2KCl$$
$$CaC_4H_4O_6 + H_2SO_4 \rightarrow H_2C_4H_4O_6 + CaSO_4\downarrow$$

d টারটারিক অ্যাসিড কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 170°C। জলে, কোহলে দ্রাব্য কিন্তু ইথারে অদ্রাব্য। টারটারিক অ্যাসিডের স্বাদ খুব টক। *d* টারটারিক অ্যাসিডের দ্রবণ সমবর্তিত রশ্মিকে ঘড়ির কাঁটা চলার দিকে ঘোরাতে পারে।

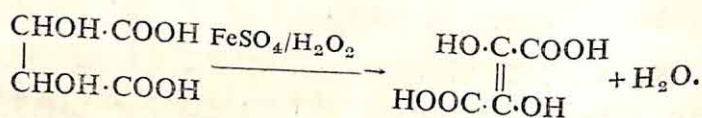
বিক্রিয়া ঃ (1) গলনাঙ্কের উপরে উত্তপ্ত করলে টারটারিক অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়।

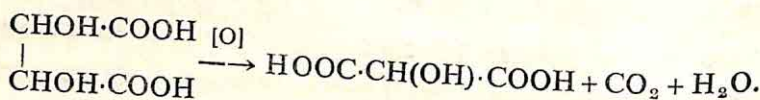
$$\begin{array}{l} CHOH\cdot COOH \\ | \\ CHOH\cdot COOH \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} CHOH\cdot CO \\ | \\ CHOH\cdot CO \end{array}\!\!\!\!\!\!> O + H_2O.$$

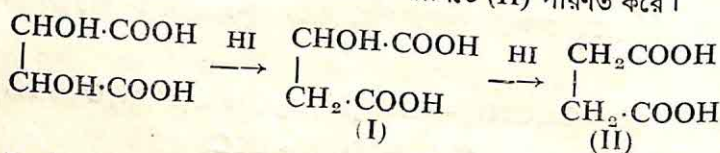
টারটারিক অ্যানহাইড্রাইড

টারটারিক অ্যাসিডকে অধিক তাপে উত্তপ্ত করলে চিনি পোড়ার মত গন্ধ বার হয় এবং উৎপন্ন বস্তুর মধ্যে পাইরুভিক অ্যাসিড (I) পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{l} CHOH\cdot COOH \\ | \\ CHOH\cdot COOH \end{array} \rightarrow \underset{(I)}{CH_3\cdot CO\cdot COOH} + CO_2 + H_2O.$$

(2) টারটারিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেটকে বিজারিত করে সিলভার আয়না (Silver mirror) প্রস্তুত করে।

ফেনটন বিকারক টারটারিক অ্যাসিডকে জারিত করে ডাই-হাইড্রক্সি ফিউম্যারিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$\begin{matrix} \text{CHOH·COOH} \\ | \\ \text{CHOH·COOH} \end{matrix} \xrightarrow{FeSO_4/H_2O_2} \begin{matrix} \text{HO·C·COOH} \\ \| \\ \text{HOOC·C·OH} \end{matrix} + H_2O.$$

মৃদু জারক দ্রব্য টারটারিক অ্যাসিডকে জারিত করে টারটোনিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

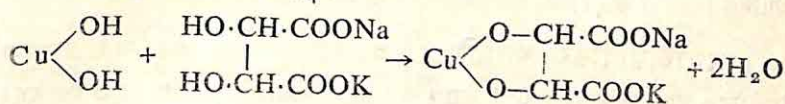
$$\begin{matrix} \text{CHOH·COOH} \\ | \\ \text{CHOH·COOH} \end{matrix} \xrightarrow{[O]} \text{HOOC·CH(OH)·COOH} + CO_2 + H_2O.$$

3. টারটারিক অ্যাসিডকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দুধাপে বিজারিত করে যথাক্রমে ম্যালিক অ্যাসিড (I) ও সাকসিনিক অ্যাসিডে (II) পরিণত করে।

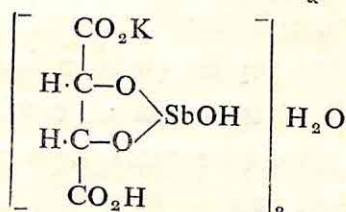
$$\begin{matrix} \text{CHOH·COOH} \\ | \\ \text{CHOH·COOH} \end{matrix} \xrightarrow{HI} \underset{\text{(I)}}{\begin{matrix} \text{CHOH·COOH} \\ | \\ CH_2\text{·COOH} \end{matrix}} \xrightarrow{HI} \underset{\text{(II)}}{\begin{matrix} CH_2\text{COOH} \\ | \\ CH_2\text{·COOH} \end{matrix}}$$

টারটারিক অ্যাসিডের লবণ ঃ দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড বলে টারটারিক অ্যাসিড দুধরনের লবণ দেয়। যেমন অ্যাসিড লবণ এবং প্রশম লবণ।

(1) **পটাশিয়াম হাইড্রোজেন টারটারেট $KHC_4H_4O_6$ ঃ** আঙ্গুরের রসে পটাশিয়াম হাইড্রোজেন টারটারেট পাওয়া যায়। আঙ্গুরের রস থেকে মদ প্রস্তুত কালে পটাশিয়াম হাইড্রোজেন টারটারেট বাদামী বর্ণের সরের আকারে তলায় জমা হয়। যাকে আরগল বলে। আরগল জলে স্বল্প দ্রাব্য কিন্তু কোহলে এটির দ্রাব্যতা আরো অনেক কম। এটির স্বাদ টক। কাপড় রং করতে এবং *d* টারটারিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে এবং ওষুধে ব্যবহৃত হয়।

(2) সোডিয়াম পটাশিয়াম টারটারেট বা রোচিলি লবণ (Rochelle salt) $NaKC_4H_4O_6, 4H_2O$ ঃ টারটারেটের ক্রীমকে সোডিয়াম কার্বনেট দিয়ে প্রশমিত করলে রোচিলি লবণ পাওয়া যায়। রোচিলি লবণ কেলাসাকার কঠিন পদার্থ, যাতে চার অণু কেলাস জল থাকে। রোচিলি লবণের কস্টিক সোডা দ্রবণে কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করলে ফেলিং দ্রবণ প্রস্তুত হয়। এই ফেলিং দ্রবণ দিয়ে অ্যালডিহাইড

মূলককে সনাক্ত করা হয় এবং গ্লুকোজের দ্রবণে গ্লুকোজের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। ফেলিং দ্রবণের গঠন সম্ভবতঃ নিম্নরূপ।

$$Cu\langle^{OH}_{OH} + \begin{matrix} HO\cdot CH\cdot COONa \\ | \\ HO\cdot CH\cdot COOK \end{matrix} \rightarrow Cu\langle\begin{matrix} O-CH\cdot COONa \\ | \\ O-CH\cdot COOK \end{matrix} + 2H_2O$$

(3) **পটাশিয়াম অ্যান্টিমনি টারটারেট, টারটার এমেটিক** $[C_4H_4O_6(SbO)K]_2H_2O$: টারটারের ক্রীমকে অ্যান্টিমনি (III) অক্সাইড ও জল দিয়ে ফুটিয়ে টারটার এমেটিক প্রস্তুত করা হয়। এটির গঠন

$$\left[\begin{matrix} CO_2K \\ | \\ H\cdot C-O \\ | \quad\quad \rangle SbOH \\ H\cdot C-O \\ | \\ CO_2H \end{matrix}\right]_2 H_2O$$

টারটার এমেটিক জলে দ্রাব্য। সুনির্দিষ্ট গলনাঙ্ক আছে।

কাপড় রং করতে, ক্যালিকো প্রিন্টিং-এ, ওষুধ হিসেবে সাধারণত ব্যবহৃত হয়।

লিভোটারটারিক অ্যাসিড, *l* টারটারিক অ্যাসিড : প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। র‍্যাসিমিক মিশ্রণ থেকে প্রস্তুত করা হয়। *l* টারটারিক অ্যাসিডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম *d* টারটারিক অ্যাসিডের অনুরূপ। কিন্তু *l* টারটারিক অ্যাসিড সমবর্তিত আলোকরশ্মিকে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘোরায়। *l* টারটারিক অ্যাসিডের কেলাস গঠন *d* টারটারিক অ্যাসিডের আয়নার প্রতিবিম্বর অনুরূপ।

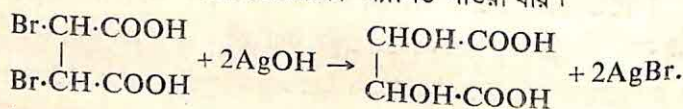
***dl* টারটারিক অ্যাসিড বা র‍্যাসিমিক টারটারিক অ্যাসিড :** সমাণবিক পরিমাণে *d* ও *l* টারটারিক অ্যাসিড মিশিয়ে *dl* বা র‍্যাসিমিক টারটারিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। তাছাড়া *d* টারটারিক অ্যাসিডকে সীল করা টিউবে উত্তপ্ত করলে র‍্যাসিমিক টারটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। টারটারিক অ্যাসিড সংশ্লেষণ করলে মেসোটারটারিক অ্যাসিডের সঙ্গে *dl* টারটারিক অ্যাসিডও পাওয়া যায়। র‍্যাসিমিক টারটারিক অ্যাসিডের সোদক কেলাস পাওয়া যায়। এটি আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ। সমাণবিক পরিমাণে *d* ও *l* সমাবয়ব *dl* টারটারিক অ্যাসিডে থাকায় একটি সমাবয়বের আলোক ঘূর্ণন অপরটির দ্বারা রদ হয়। ফলে আলোক নিষ্ক্রিয় হয়। *dl* টারটারিক অ্যাসিডকে বহিঃস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ (Externally compensated compound) বলে। *dl* টারটারিক অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 206°C।

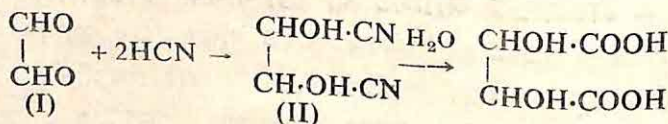
d বা l অ্যাসিডের থেকে dl টারটারিক অ্যাসিড জলে কম দ্রাব্য। র‍্যাসিমিক টারটারিক অ্যাসিড থেকে d ও l টারটারিক অ্যাসিডকে আলাদা করা যায়।

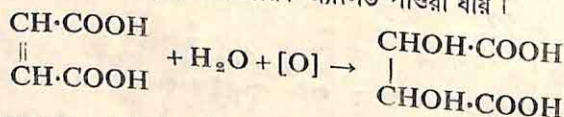
মেসোটারটারিক অ্যাসিড ঃ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। সাধারণ টারটারিক অ্যাসিডকে 165°C-এ উত্তপ্ত করে মেসোটারটারিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। তাছাড়া সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে dl টারটারিক অ্যাসিডের সঙ্গে মেসোটারটারিক অ্যাসিডও উৎপন্ন হয়। মেসোটারটারিক অ্যাসিড আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ। টারটারিক অ্যাসিডে দুটি অভিন্ন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে এবং প্রত্যেকটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুতে অভিন্ন পরমাণু ও মূলক থাকায়, এই অ্যাসিডে একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু দ্বারা সমবর্তিত রশ্মির ঘূর্ণন অপর অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু দ্বারা ঘূর্ণন রদ হয়। ফলে আলোক নিষ্ক্রিয় হয়। সমবর্তিত রশ্মির এই ঘূর্ণন রদ ব্যাপারটা এই মেসোটারটারিক অ্যাসিডের অভ্যন্তরে সংঘটিত হয় বলে একে অন্তঃস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ (internally compensated compound) বলে।

অনার্দ্র মেসোটারটারিক অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 145°C।

সংশ্লেষণ ঃ (1) ফুটন্ত জলে ডাই-ব্রোমোসাকসিনিক অ্যাসিডের সঙ্গে সিলভার অক্সাইডের বিক্রিয়ায় র‍্যাসিমিক ও মেসোটারটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{l} Br\cdot CH\cdot COOH \\ \quad | \\ Br\cdot CH\cdot COOH \end{array} + 2AgOH \rightarrow \begin{array}{l} CHOH\cdot COOH \\ \quad | \\ CHOH\cdot COOH \end{array} + 2AgBr.$$

(2) গ্লাই-অকজালের (I) সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিনকে (II) আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে র‍্যাসিমিক ও মেসো টারটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\underset{(I)}{\begin{array}{l} CHO \\ | \\ CHO \end{array}} + 2HCN \rightarrow \underset{(II)}{\begin{array}{l} CHOH\cdot CN \\ | \\ CH\cdot OH\cdot CN \end{array}} \xrightarrow{H_2O} \begin{array}{l} CHOH\cdot COOH \\ | \\ CHOH\cdot COOH \end{array}$$

(3) শীতল ও লঘু পারম্যাঙ্গনেট দ্রবণ দিয়ে ম্যালেইক বা ফিউম্যারিক অ্যাসিডকে জারিত করলে র‍্যাসিমিক ও মেসোটারটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{l} CH\cdot COOH \\ \quad \| \\ CH\cdot COOH \end{array} + H_2O + [O] \rightarrow \begin{array}{l} CHOH\cdot COOH \\ \quad | \\ CHOH\cdot COOH \end{array}$$

সনাক্তকরণ ঃ (1) টারটারিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে পোড়া চিনির মত গন্ধ বার হয়। (2) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে যে গ্যাস বার

হয় তা নীল শিখায় জলে। (3) টারটারিক অ্যাসিডের প্রশম দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে ক্যালসিয়াম টারটারেটের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় ; যা অ্যাসিটিক অ্যাসিডে দ্রাব্য। (4) টারটারিক অ্যাসিড বা টারটারেটে ফেনটন বিকারক ($FeSO_4/H_2O_2$) যোগ করে কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগে ক্ষারীয় করলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়। (5) টারটারেটের প্রশম দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে সিলভার টারটারেটের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, যাকে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত করে জলগাহের উপর গরম করলে টেস্টটিউবের গায়ে সিলভার আয়না সৃষ্টি হয়।

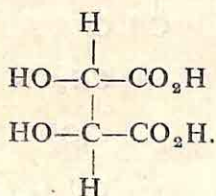
গঠন ঃ (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে টারটারিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $C_4H_6O_6$।

(2) টারটারিক অ্যাসিড থেকে দুধরনের লবণ ও এস্টার পাওয়া যায়। অতএব টারটারিক অ্যাসিডে দুটি কার্বক্সিল মূলক আছে। সুতরাং টারটারিক অ্যাসিডের আংশিক গঠন হবে $C_2H_4O_2(COOH)_2$।

(3) যেহেতু টারটারিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বার না হয়ে টারটারিক অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায়। অতএব দুটি কার্বক্সিল মূলক দুটি বিভিন্ন কার্বনে যুক্ত।

(4) টারটারিক অ্যাসিডের ডাই-অ্যালকাইল এস্টারের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় এস্টারের ডাই-অ্যাসিটাইল জাতক পাওয়া যায়। অতএব টারটারিক অ্যাসিডে দুটি হাইড্রক্সিল মূলক আছে। আর যেহেতু টারটারিক অ্যাসিড বেশ স্থায়ী যৌগ, অতএব দুটি হাইড্রক্সিল মূলক দুটি কার্বনে যুক্ত।

উপরের বিক্রিয়াসমূহকে বিবেচনা করে টারটারিক অ্যাসিডের গঠন হবে নিম্নরূপ, যা সংশ্লেষণের দ্বারাও প্রমাণিত করা যায়।

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ HO-C-CO_2H \\ | \\ HO-C-CO_2H. \\ | \\ H \end{array}$$

সাইট্রিক অ্যাসিড, 2 হাইড্রক্সিল প্রোপেন 1:2:3 ট্রাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড ঃ সাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রক্সি ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড। সাইট্রাস

16625

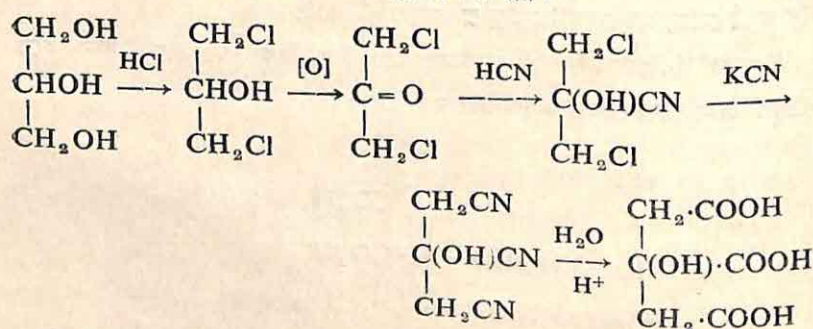
(Citrus) শ্রেণী অপরিপক্ক ফলের রসে সাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। যেমন লেবু, কমলালেবু ইত্যাদি। লেবুর রস থেকে শীলে 1784 খ্রীস্টাব্দে প্রথম প্রস্তুত করেন।

প্রস্তুতি ঃ অপরিপক্ক লেবুর রস নিষ্কাশনের পর ফোটালে রসে অবস্থিত প্রোটিন ঘনীভূত হয়ে পড়ে এবং পরিস্রাবণ করে ঘনীভূত প্রোটিনকে আলাদা করা হয়। এই রসকে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করে প্রশমিত করলে ক্যালসিয়াম সাইট্রেট উৎপন্ন হয়, যা জলে দ্রাব্য। ক্যালসিয়াম সাইট্রেটের জলীয় দ্রবণকে ফোটালে ক্যালসিয়াম সাইট্রেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। যাকে পরিস্রুত করে পৃথক করে পরিমিত পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে সাইট্রিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। ক্যালসিয়াম সালফেটকে পরিস্রাবণের দ্বারা আলাদা করে দ্রবণটিকে গাঢ় করলে সাইট্রিক অ্যাসিডের $HO_2C{\cdot}CH_2{\cdot}C(OH){\cdot}(COOH){\cdot}CH_2{\cdot}COOH, H_2O$ সোদক কেলাস পাওয়া যায়।

গ্লুকোজ, চিনি বা চিটেগুড়কে অ্যাসপারজিল্যাস ওয়েনটি (Aspergillus wenti) বা সিট্রোমাইসেস ফেফেরিয়ানাস (Citromyces pfefferianus) নামে এক বিশেষ ধরনের ছত্রাকের (Mould) সাহায্যে সন্ধান বিক্রিয়ার ফলে আজকাল সাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। গ্লুকোজ, চিনি বা গুড়ের জলীয় দ্রবণে ঐ ছত্রাক যোগ করা হয়। দ্রবণের pH 3·5 রাখা হয় এবং তাপমাত্রা 40°C। ছত্রাকের পুষ্টির জন্য দ্রবণে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, পটাশিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট ইত্যাদি অজৈব লবণ মেশান হয়। উৎপন্ন সাইট্রিক অ্যাসিডকে ক্যালসিয়াম লবণে পরিবর্ত করে বিশুদ্ধ সাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

গ্লিসারল থেকে সাইট্রিক অ্যাসিড সংশ্লেষণ করা যায়।

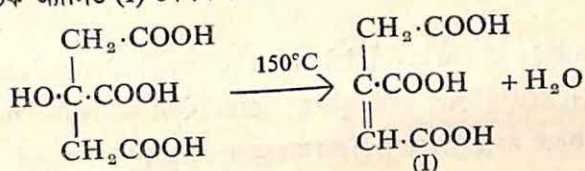
$$\begin{array}{c}CH_2OH\\|\\CHOH\\|\\CH_2OH\end{array}\xrightarrow{HCl}\begin{array}{c}CH_2Cl\\|\\CHOH\\|\\CH_2Cl\end{array}\xrightarrow{[O]}\begin{array}{c}CH_2Cl\\|\\C=O\\|\\CH_2Cl\end{array}\xrightarrow{HCN}\begin{array}{c}CH_2Cl\\|\\C(OH)CN\\|\\CH_2Cl\end{array}\xrightarrow{KCN}$$

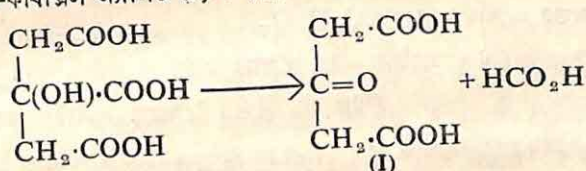
$$\begin{array}{c}CH_2CN\\|\\C(OH)CN\\|\\CH_2CN\end{array}\xrightarrow[H^+]{H_2O}\begin{array}{c}CH_2{\cdot}COOH\\|\\C(OH){\cdot}COOH\\|\\CH_2{\cdot}COOH\end{array}$$

ধর্ম ঃ জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসিত করলে সাইট্রিক অ্যাসিডের সোদক কেলাস $HO_2C{\cdot}CH_2{\cdot}C(OH)(COOH){\cdot}CH_2COOH, H_2O$ পাওয়া যায়। সোদক

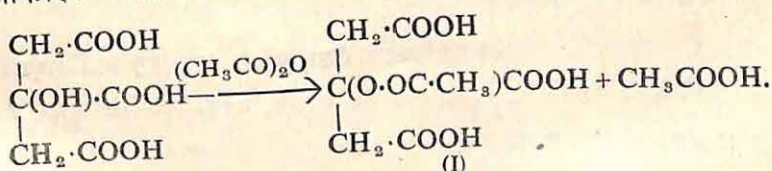
কেলাসকে 130°C-এ উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র সাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। যার গলনাঙ্ক 153°C। শীতল অবস্থায় সাইট্রিক অ্যাসিড জলে দ্রাব্য, কিন্তু ফুটন্ত জলে অদ্রাব্য। ক্যালসিয়াম সাইট্রেট গরম জলে, কস্টিক সোডা ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য (টারটারিক অ্যাসিড থেকে পার্থক্য)। সাইট্রিক অ্যাসিড আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ।

বিক্রিয়া : (1) সাইট্রিক অ্যাসিড ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড বলে তিন ধরনের লবণ ও এস্টার উৎপন্ন করে।

(2) সাইট্রিক অ্যাসিডকে 150°C-এ উত্তপ্ত করলে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে অ্যাকোনিটিক অ্যাসিড (I) উৎপন্ন করে।

$$\begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ HO\cdot C\cdot COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{array} \xrightarrow{150^\circ C} \begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ C\cdot COOH \\ \| \\ CH\cdot COOH \\ \quad (I) \end{array} + H_2O$$

(3) ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোন ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড (I) ও ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{l} CH_2COOH \\ | \\ C(OH)\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ C=O \\ | \\ CH_2\cdot COOH \\ \quad (I) \end{array} + HCO_2H$$

(4) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে সাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় মনো-অ্যাসিটাইল সাইট্রিক অ্যাসিড (I) পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ C(OH)\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array} \xrightarrow{(CH_3CO)_2O} \begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ C(O\cdot OC\cdot CH_3)COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \\ \quad (I) \end{array} + CH_3COOH.$$

ব্যবহার : কাপড় রং করতে, লেমনেডের মত পানীয় প্রস্তুতিতে সাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। জ্যাম, জেলী প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম পটাশিয়াম, আয়রন সাইট্রেট ওষুধ হিসেবে এবং ফেরিক অ্যামোনিয়াম সাইট্রেট ব্লু-প্রিন্টে ব্যবহৃত হয়। ধাতু নির্মিত জিনিসকে পালিশ করতে সাইট্রিক অ্যাসিড লাগে।

সনাক্তকরণ : (1) উত্তাপে সাইট্রিক অ্যাসিড গলে যায়, কিন্তু কালো (Char) হয়ে যায় না। অনেকক্ষণ উত্তপ্ত করলে কালো হয়ে যায় এবং তখন অস্বস্তিকর ধোঁয়া বার হয়।

(2) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে কার্বন মনো-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় এবং কার্বন মনো-অক্সাইড নীল শিখায় জ্বলে।

(3) সাইট্রেটের প্রশম দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করলে শীতল অবস্থায় কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না, কিন্তু দ্রবণটিকে ফোটালে ক্যালসিয়াম সাইট্রেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে, যা অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। (টারটারিক অ্যাসিড থেকে তফাত)।

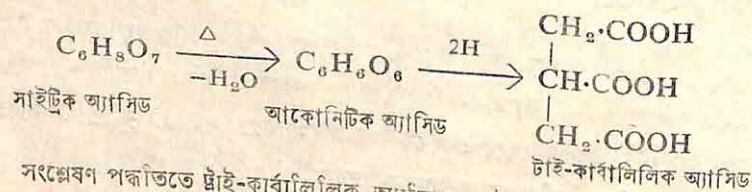
(4) সাইট্রিক অ্যাসিড বা সাইট্রেটে ড্যানিগ বিকারক [(Denige's reagent) $HgSO_4/H_2SO_4$] যোগ করে ফুটিয়ে কয়েক ফোঁটা পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় এবং পারম্যাঙ্গানেটের বর্ণ চলে গিয়ে বর্ণহীন হয়।

গঠন : (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, সাইট্রিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $C_6H_8O_7$।

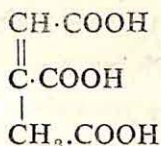
(2) সাইট্রিক অ্যাসিড তিন ধরনের লবণ ও এস্টার দেয়। অতএব তিনটি কার্বক্সিল মূলক আছে সাইট্রিক অ্যাসিডে। যেহেতু সাইট্রিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বার হয় না। অতএব তিনটি কার্বক্সিল মূলক তিনটি পৃথক কার্বনে সংযুক্ত আছে।

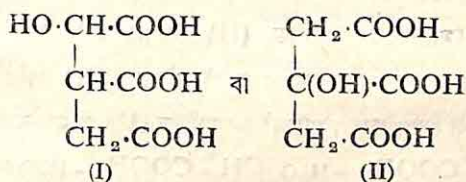
(4) সাইট্রিক অ্যাসিড মনো-অ্যাসিটাইল জাতক দেয়। অতএব সাইট্রিক অ্যাসিডে একটি হাইড্রক্সিল মূলক আছে।

(5) 180°C-এ সাইট্রিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে অ্যাকোনিটিক (Aconitic) অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, যাকে বিজারিত করলে ট্রাই-কার্বালিলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

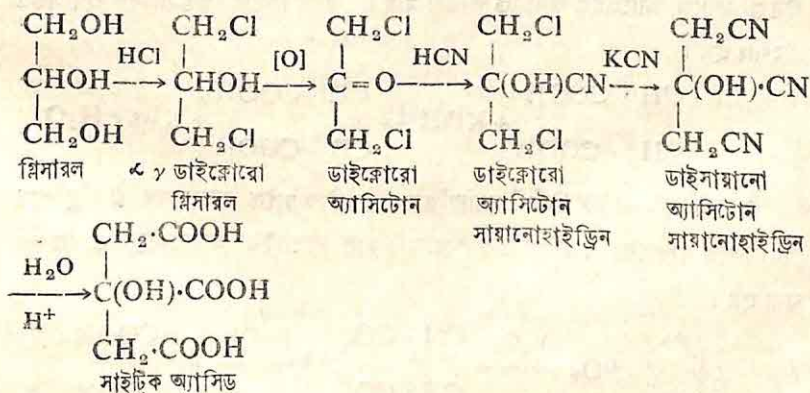
$$\underset{\text{সাইট্রিক অ্যাসিড}}{C_6H_8O_7} \xrightarrow[-H_2O]{\Delta} \underset{\text{আকোনিটিক অ্যাসিড}}{C_6H_6O_6} \xrightarrow{2H} \underset{\text{ট্রাই-কার্বালিলিক অ্যাসিড}}{\begin{array}{c} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array}}$$

সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ট্রাই-কার্বালিলিক অ্যাসিডের গঠন জানা গেছে।

(6) অ্যাকোনিটিক অ্যাসিডের এবং ট্রাই-কার্বালিলিক অ্যাসিডের মধ্যে তফাত হলো দুটো হাইড্রোজেন পরমাণুর। অতএব অ্যাকোনিটিক অ্যাসিডে একটি অসংপৃক্ত (দ্বিবন্ধ) থাকবে। ফলে অ্যাকোনিটিক অ্যাসিডের গঠন হবে

$$\begin{array}{l} CH{\cdot}COOH \\ \| \\ C{\cdot}COOH \\ | \\ CH_2.COOH \end{array}$$

7. সাইট্রিক অ্যাসিড থেকে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে অ্যাকোনিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অতএব সাইট্রিক অ্যাসিডের গঠন হবে

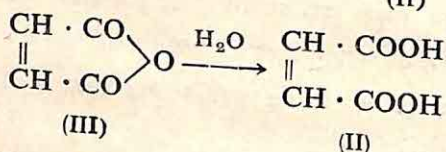
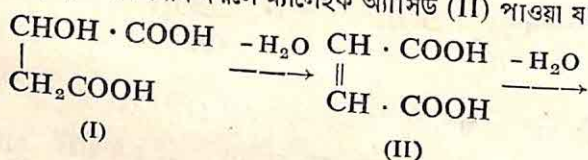
$$\begin{array}{l} HO{\cdot}CH{\cdot}COOH \\ \quad | \\ \quad CH{\cdot}COOH \\ \quad | \\ \quad CH_2{\cdot}COOH \\ \quad\ \ (I) \end{array} \quad \text{বা} \quad \begin{array}{l} CH_2{\cdot}COOH \\ | \\ C(OH){\cdot}COOH \\ | \\ CH_2{\cdot}COOH \\ \quad (II) \end{array}$$

8. সাইট্রিক অ্যাসিড আলোক নিষ্ক্রিয় যৌগ এবং কোনভাবেই সাইট্রিক অ্যাসিড থেকে আলোক সক্রিয় সমাবয়ব প্রস্তুত করা যায়নি। কিন্তু সাইট্রিক অ্যাসিডের (I) নং গঠনে একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে। অতএব এই গঠনটি আলোক সক্রিয় সমাবয়ব দেবে। অতএব (1) নং গঠনটি সাইট্রিক অ্যাসিডের গঠন নয়। সুতরাং (II) নং গঠনটি হবে সাইট্রিক অ্যাসিডের গঠন। যাকে সংশ্লেষণ করে (II) নং গঠনটি সুনির্দিষ্ট করা যায়।

$$\underset{\text{গ্লিসারল}}{\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \xrightarrow{HCl} \underset{\alpha\,\gamma\text{ ডাইক্লোরো গ্লিসারল}}{\begin{array}{l} CH_2Cl \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2Cl \end{array}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{ডাইক্লোরো অ্যাসিটোন}}{\begin{array}{l} CH_2Cl \\ | \\ C{=}O \\ | \\ CH_2Cl \end{array}} \xrightarrow{HCN} \underset{\text{ডাইক্লোরো অ্যাসিটোন সায়ানোহাইড্রিন}}{\begin{array}{l} CH_2Cl \\ | \\ C(OH)CN \\ | \\ CH_2Cl \end{array}} \xrightarrow{KCN} \underset{\text{ডাইসায়ানো অ্যাসিটোন সায়ানোহাইড্রিন}}{\begin{array}{l} CH_2CN \\ | \\ C(OH){\cdot}CN \\ | \\ CH_2CN \end{array}}$$

$$\xrightarrow[H^+]{H_2O} \underset{\text{সাইট্রিক অ্যাসিড}}{\begin{array}{l} CH_2{\cdot}COOH \\ | \\ C(OH){\cdot}COOH \\ | \\ CH_2{\cdot}COOH \end{array}}$$

অসংপৃক্ত দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড সমূহ

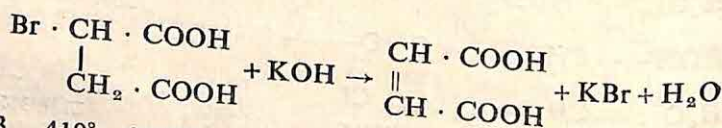
HOOCCH : $CHCO_2H$ বা ইথিলিন 1 : 2 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড হলো সরলতম অসংপৃক্ত দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড। এই অ্যাসিডের দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব হতে পারে, সিস ইথিলিন 1 : 2 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিডকে ম্যালেইক (Maleic) অ্যাসিড এবং ট্রান্স-ইথিলিন 1 : 2 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিডকে ফিউম্যারিক (Fumaric) অ্যাসিড বলে।

ম্যালেইক অ্যাসিড ঃ প্রকৃতিতে ম্যালেইক অ্যাসিড পাওয়া যায় না। কেবলমাত্র সংশ্লেষণ করে প্রস্তুত করা হয়।

প্রস্তুতি ঃ (1) ম্যালিক অ্যাসিডকে (I) 250°C-এ উত্তপ্ত করলে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে ম্যালেইক অ্যাসিড (II) উৎপন্ন হয়, যার থেকে এক অণু জল পুনরায় বিযুক্ত হয়ে ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডে (III) পরিণত হয়। এই অ্যানহাইড্রাইডে জল যোগ করলে ম্যালেইক অ্যাসিড (II) পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{(I)}}{\begin{array}{l}CHOH\cdot COOH\\ |\\ CH_2COOH\end{array}} \xrightarrow{-H_2O} \underset{\text{(II)}}{\begin{array}{l}CH\cdot COOH\\ \|\\ CH\cdot COOH\end{array}} \xrightarrow{-H_2O}$$

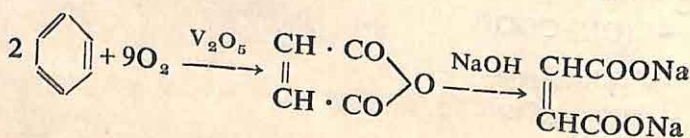
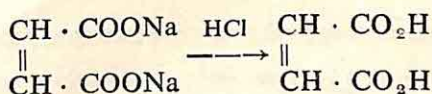
$$\underset{\text{(III)}}{\begin{array}{l}CH\cdot CO\\ \|\\ CH\cdot CO\end{array}\!\!>O} \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{(II)}}{\begin{array}{l}CH\cdot COOH\\ \|\\ CH\cdot COOH\end{array}}$$

(2) কস্টিক ক্ষারের জলীয় দ্রবণ সহযোগে ব্রোমোসাকসিনিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে ম্যালেইক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এতে কিছুটা ফিউম্যারিক অ্যাসিডও উৎপন্ন হয়।

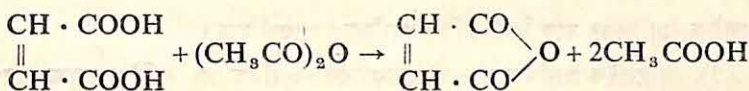
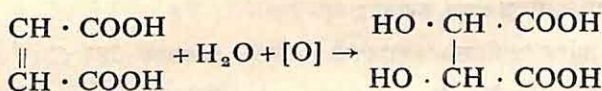
$$\begin{array}{l}Br\cdot CH\cdot COOH\\ \quad\;\; |\\ \quad\;\; CH_2\cdot COOH\end{array} + KOH \rightarrow \begin{array}{l}CH\cdot COOH\\ \|\\ CH\cdot COOH\end{array} + KBr + H_2O$$

3. 410°—430°C-এ ভ্যানাডিয়াম পেণ্টাঅক্সাইড প্রভাবকের উপস্থিতিতে বেনজিনকে বাতাসের দ্বারা জারিত করে আজকাল ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন করা হয়।

$$2\,C_6H_6 + 9O_2 \xrightarrow{V_2O_5} \begin{array}{l}CH\cdot CO\\ \|\\ CH\cdot CO\end{array}\!\!>O \xrightarrow{NaOH} \begin{array}{l}CHCOONa\\ \|\\ CHCOONa\end{array}$$

$$\begin{matrix} CH \cdot COONa \\ \| \\ CH \cdot COONa \end{matrix} \xrightarrow{HCl} \begin{matrix} CH \cdot CO_2H \\ \| \\ CH \cdot CO_2H \end{matrix}$$

ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডকে কস্টিক সোডা দিয়ে ফুটিয়ে আম্লিক করলে ম্যালেইক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

ম্যালেইক অ্যাসিড কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 130°C। জলে দ্রাব্য। পাতনে ম্যালেইক অ্যাসিড কিছুটা অপরিবর্তিত হয়ে পাতিত হয়ে গেলেও কিছুটা ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়।

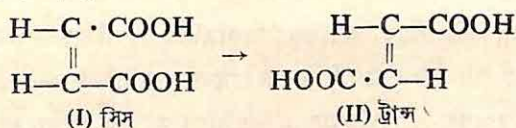
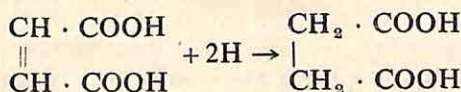
(1) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড সহযোগে ম্যালেইক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায়।

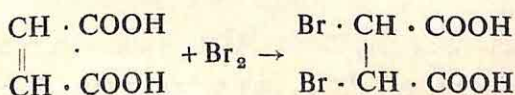
$$\begin{matrix} CH \cdot COOH \\ \| \\ CH \cdot COOH \end{matrix} + (CH_3CO)_2O \rightarrow \begin{matrix} CH \cdot CO \\ \| \\ CH \cdot CO \end{matrix} \!\!> O + 2CH_3COOH$$

(2) লঘু পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ ম্যালেইক অ্যাসিডকে মেসোটারটারিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$\begin{matrix} CH \cdot COOH \\ \| \\ CH \cdot COOH \end{matrix} + H_2O + [O] \rightarrow \begin{matrix} HO \cdot CH \cdot COOH \\ | \\ HO \cdot CH \cdot COOH \end{matrix}$$

(3) 200°C-এ সীল করা টিউবে ম্যালেইক অ্যাসিডকে (I) উত্তপ্ত করলে ফিউম্যারিক অ্যাসিড (II) পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{(I) সিস}}{\begin{matrix} H-C \cdot COOH \\ \| \\ H-C-COOH \end{matrix}} \rightarrow \underset{\text{(II) ট্রান্স}}{\begin{matrix} H-C-COOH \\ \| \\ HOOC \cdot C-H \end{matrix}}$$

(4) ম্যালেইক অ্যাসিডকে বিজারিত করলে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} CH \cdot COOH \\ \| \\ CH \cdot COOH \end{matrix} + 2H \rightarrow \begin{matrix} CH_2 \cdot COOH \\ | \\ CH_2 \cdot COOH \end{matrix}$$

5. ম্যালেইক অ্যাসিডের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় ডাই-ব্রোমোসাকসিনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix} CH \cdot COOH \\ \| \\ CH \cdot COOH \end{matrix} + Br_2 \rightarrow \begin{matrix} Br \cdot CH \cdot COOH \\ | \\ Br \cdot CH \cdot COOH \end{matrix}$$

গুড়ো দুধ, তেল, চর্বি ইত্যাদি যাতে পচে নষ্ট না হয় তার জন্য ম্যালেইক অ্যাসিড মেশানো হয়। ল্যাকার (Lacquer) ও বার্নিশ প্রস্তুতিতে এবং জৈব সংশ্লেষণে ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইড ব্যবহৃত হয়।

ফিউম্যারিক অ্যাসিড : ফিউম্যারিয়া অফিসিন্যালিস (Fumeria officinalis) নামে ছাত্রাক, মস ইত্যাদিতে পাওয়া যায়। এর থেকে এই অ্যাসিডটির নাম হয়েছে ফিউম্যারিক অ্যাসিড।

প্রস্তুতি : (1) 150°C-এ ম্যালেইক অ্যাসিডকে অনেকক্ষণ উত্তপ্ত করলে ফিউম্যারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(2) ব্রোমোসাকসিনিক অ্যাসিডকে কস্টিক পটাশ দ্রবণ সহযোগে ফোটালে ম্যালেইক অ্যাসিডের সঙ্গে ফিউম্যারিক অ্যাসিডও পাওয়া যায়।

(3) ম্যালেইক অ্যাসিডকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করে আজকাল ফিউম্যারিক অ্যাসিড পণ্য হিসাবে উৎপাদন করা হয়।

(4) এছাড়া সংশ্লেষণ পদ্ধতি দিয়ে এবং গ্লুকোজের সন্ধান বিক্রিয়ার সাহায্যেও ফিউম্যারিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

ফিউম্যারিক অ্যাসিড কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 287°C। জলে স্বল্প দ্রাব্য। অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন করে না। তবে 280°C-এ অনেকক্ষণ উত্তপ্ত করলে প্রথমে ম্যালেইক অ্যাসিড এবং পরে এই ম্যালেইক অ্যাসিড ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডে পরিবর্তিত হয়।

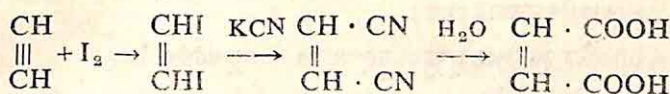
বিজারণে ফিউম্যারিক অ্যাসিড সাকসিনিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্রোমো সাকসিনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় *dl* টারটারিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

গঠন : (1) ম্যালেইক এবং ফিউম্যারিক উভয় অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $C_4H_4O_4$।

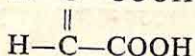
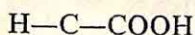
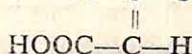
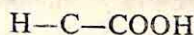
(2) প্রত্যেকটি অ্যাসিড দু ধরনের লবণ ও এস্টার দেয়। অতএব উভয় অ্যাসিডে দুটি করে কার্বক্সিল মূলক আছে। যেহেতু উত্তাপে উভয় অ্যাসিডের কোনটির থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় না। অতএব দুটি কার্বক্সিল মূলক দুটি পৃথক কার্বন পরমাণুতে যুক্ত।

(3) বিজারণে উভয় অ্যাসিড সাকসিনিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উভয় অ্যাসিড ব্রোমোসাকসিনিক অ্যাসিডে

পরিণত হয়। অতএব উভয় অ্যাসিডের গঠন হবে $HOOC \cdot CH = CH \cdot COOH$, যাকে সংশ্লেষণের দ্বারা সুনির্দিষ্ট করা যায়।

$$\begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix} + I_2 \rightarrow \begin{matrix} CHI \\ || \\ CHI \end{matrix} \xrightarrow{KCN} \begin{matrix} CH \cdot CN \\ || \\ CH \cdot CN \end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} CH \cdot COOH \\ || \\ CH \cdot COOH \end{matrix}$$

ম্যালেইক বা ফিউম্যারিক অ্যাসিড

(4) উত্তাপে ম্যালেইক অ্যাসিড সহজেই ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়। অতএব ম্যালেইক অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক দুটি দ্বিবন্ধের একধারে থাকবে অর্থাৎ সিস অ্যাসিডটি ম্যালেইক অ্যাসিড। অতএব ট্রান্স অ্যাসিডটি ফিউম্যারিক অ্যাসিড হবে।

$$\begin{matrix} H-C-COOH \\ || \\ H-C-COOH \end{matrix} \qquad \qquad \begin{matrix} H-C-COOH \\ || \\ HOOC-C-H \end{matrix}$$

ম্যালেইক অ্যাসিড (সিস) ফিউম্যারিক অ্যাসিড (ট্রান্স)

দ্বিবন্ধের একই ধারে দুটি কার্বক্সিল মূলক থাকায় ম্যালেইক অ্যাসিডের দ্বিমেরু আঘূর্ণের (Dipole moment) পরিমাণ বেশি হবে। এবং ফিউম্যারিক অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক দুটি দ্বিবন্ধে বিপরীত দিকে হওয়ায় দ্বিমেরু আঘূর্ণের পরিমাণ প্রায় শূন্য হবে। ম্যালেইক ও ফিউম্যারিক অ্যাসিডের দ্বিমেরু আঘূর্ণের পরিমাণ নির্ণয় করে দেখা যায় যে সিদ্ধান্তটি সঠিক।

প্রশ্নাবলী

1. হাইড্রক্সি অ্যাসিড কাকে বলে? হাইড্রক্সি অ্যাসিডের নামকরণ কিভাবে করা হয়?
2. সংশ্লেষণ কর ঃ—

   (i) হাইড্রক্সি অ্যাসিটিক অ্যাসিড (ii) ল্যাকটিক অ্যাসিড (iii) β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (iv) ম্যালিক অ্যাসিড (v) টারটারিক অ্যাসিড (vi) সাইট্রিক অ্যাসিড (vii) ম্যালেইক অ্যাসিড (viii) ফিউম্যারিক অ্যাসিড।

3. বাণিজ্যকভাবে ল্যাকটিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? কত প্রকার ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায় এবং প্রত্যেকটি কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? প্রত্যেকটির ব্যবহার লেখ।
4. ল্যাকটিক অ্যাসিডের গঠন নিরূপণ কর। ল্যাকটাইড কি?
5. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সঙ্গে ল্যাকটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার শর্ত ও সমীকরণ সহ লেখ ঃ

   (i) HI (ii) লঘু H_2SO_4 (iii) $FeSO_4/H_2O_2$
6. ম্যালিক অ্যাসিডের সঙ্গে নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের বিক্রিয়ায় কি উৎপন্ন হবে?

   (i) HBr (ii) HI

   ম্যালিক অ্যাসিড থেকে উত্তপ্ত করলে কি পাওয়া যাবে?
7. আরগল কি? আরগল থেকে কিভাবে টারটারিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়? কত প্রকার টারটারিক অ্যাসিড হয়? এই অ্যাসিডের ব্যবহার কি? কিভাবে টারটারিক অ্যাসিডকে সনাক্ত করা যায়?
8. টারটারিক অ্যাসিডের গঠন নিরূপণ কর।
9. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সঙ্গে টারটারিক অ্যাসিড বিক্রিয়ার শর্ত ও সমীকরণ সহ লেখ ঃ

   (i) HI (ii) $FeSO_4/H_2O_2$ (iii) মৃদু জারক দ্রব্য।
10. টীকা লেখ ঃ

    (i) আরগল (ii) রোচিলি লবণ (iii) টারটার অ্যামেটিক (iv) মেসো টারটারিক অ্যাসিড।
11. সায়াট্রিক অ্যাসিডের উৎস কি? কিভাবে এই অ্যাসিডটি প্রস্তুত করা হয়? এটির ব্যবহার কি? এই অ্যাসিডকে সনাক্ত করা হয় কিভাবে?
12. সায়াট্রিক অ্যাসিডের গঠন নিরূপণ কর।
13. ম্যালেইক ও ফিউমারিক অ্যাসিডের গঠন নিরূপণ কর।

২২

ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা
Stereoisomerism

এই শ্রেণীর সমাবয়বতায় সমাবয়বী যৌগগুলির আণবিক গঠন অভিন্ন হবে, কিন্তু সমাবয়বী যৌগে অবস্থিত পরমাণু বা পরমাণু পুঞ্জের শূন্যে (Space) অবস্থান বিভিন্ন হবে অর্থাৎ বিন্যাস (Configuration) বিভিন্ন হবে। জৈব যৌগে কার্বন পরমাণুগুলি সাধারণত সমযোজক গঠন করে, এবং এই সমযোজকগুলি শূন্যে বিশেষ বিশেষ দিকে নির্দেশিত থাকে। এই জন্য ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতার সৃষ্টি হয়।

ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা আবার দুরকম হতে পারে (1) **আলোক সমাবয়বতা** (Optical isomerism), (2) **জ্যামিতিক সমাবয়তা** (Geometrical isomerism) বা সিস-ট্রান্স সমাবয়বতা (Cis-trans isomerism)।

আলোক সমাবয়বতাঃ সে সব যৌগের আণবিক গঠন অভিন্ন, কিন্তু গঠন বিন্যাস বিভিন্ন এবং যাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন, কেবলমাত্র সমবর্তিত আলোর (Polarised light) আচরণ এই সকল যৌগের ক্ষেত্রে বিভিন্ন হয়, তাদের আলোক সমাবয়বী যৌগ (Optical isomer) বলে এবং এইরূপ বৈশিষ্ট্য বিশিষ্ট যৌগের দ্বারা সৃষ্ট সমাবয়বতাকে আলোক সমাবয়বতা বলে।

জ্যামিতিক সমাবয়বতা বা সিস-ট্রান্স সমাবয়বতাঃ যে সকল যৌগের আণবিক গঠন অভিন্ন, কিন্তু গঠন বিন্যাস বিভিন্ন এবং যাদের মধ্যে ভৌতধর্মগুলির এবং কিছু কিছু ক্ষেত্রে রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য থাকে, তাদের জ্যামিতিক বা সিস-ট্রান্স সমাবয়বী যৌগ বলে এবং এইরূপ বৈশিষ্ট্য বিশিষ্ট যৌগের দ্বারা সৃষ্ট সমাবয়বতাকে জ্যামিতিক বা সিস-ট্রান্স সমাবয়বতা বলে। জ্যামিতিক সমাবয়বী যৌগগুলি সাধারণ আলোক সক্রিয় (Optically active) হয় না। জ্যামিতিক সমাবয়বতা হতে গেলে যেসব কারণের প্রয়োজন, তাছাড়াও আলোক সমাবয়বতা হওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় কারণ যদি জ্যামিতিক সমাবয়বী যৌগে থাকে, তবে তারা আলোক সমাবয়বতা সৃষ্টি করবে।

জ্যামিতিক সমাবয়বতার প্রধান কারণ হলো যৌগের অণুতে অবস্থিত পরমাণুর বা পরমাণু পুঞ্জের সীমাবদ্ধ বা অনতিক্রম্য (Restricted) ঘূর্ণন।

আলোক সমাবয়বতা

আলোক সক্রিয় বস্তু এবং সমবর্তিত আলো ঃ একগুচ্ছ সমবর্তিত আলোক রশ্মির গতিপথে কোন বস্তু রাখার ফলে যদি ঐ আলোক রশ্মির তল বাম বা ডানদিকে ঘুরে যায়, তবে ঐ বস্তুকে আলোক সক্রিয় (Optically active) বস্তু বলে। বস্তুটি সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলকে ঘড়ির কাঁটার চলার দিকে (Clockwise direction) বা ডানদিকে (Right hand direction) যদি ঘোরায় তবে ঐ বস্তুটিকে ডান ঘূর্ণক (Dextro rotatory) বস্তু অথবা সংক্ষেপে (+) বা *d* বলে। আর বস্তুটি সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলকে ঘড়ির কাঁটা চলার বিপরীত দিকে (Anti clockwise) বা বামদিকে যদি ঘোরায় তবে ঐ বস্তুটি বাম ঘূর্ণক (Laevo rotatory) অথবা সংক্ষেপে (−) বা *l* বলে। আর যে বস্তু সমবর্তিত আলোক রশ্মি তলকে কোন দিকেই ঘোরায় না, সেই বস্তুকে আলোক নিষ্ক্রিয় (Optically inactive) বস্তু বলে।

যে যন্ত্র দিয়ে সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলের ঘূর্ণন কোণ (Angle of rotation) মাপা হয়, তাকে পোলারিমিটার (Polarimeter) বলে। পোলারিমিটারের বিশদ আলোচনা পদার্থ বিজ্ঞানের বইয়ে পাওয়া যাবে।

আলোক রশ্মির গতিপথের যে কোন বিন্দুতে আলোর তরঙ্গ (গতিপথের তলের সঙ্গে) যে কোন তলে অনুপ্রস্থ কম্পন (Transverse vibration) সম্পাদন করে। এখন আলোক রশ্মির গতিপথ যদি এই কাগজের তলের উপর লম্ব হয়, তবে আলোর তরঙ্গের অনুপ্রস্থ কম্পন এই কাগজের সমান্তরাল যে কোন তলের যে কোন কোণে সম্পাদিত হবে।

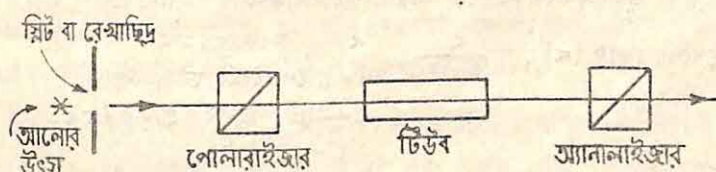
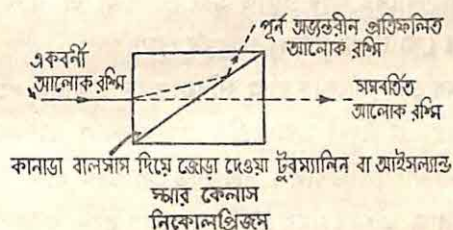
এখন যদি এই রশ্মির আইসল্যাণ্ড স্পার (Iceland spar) বা টুরম্যালিনের (Tourmaline) স্বচ্ছ কেলাসের উপর আপতিত হয় ; তবে ঐ কেলাসের মধ্য দিয়ে অতিক্রমকালে আলোক রশ্মির দ্বিপ্রতিসরণ (Double refraction) হয়। অর্থাৎ আলোক রশ্মিটি দুটি রশ্মিতে বিভক্ত হয়ে পড়ে। প্রত্যেকটি রশ্মি একক তলে এবং একে অপরের তলের সঙ্গে লম্বভাবে কম্পিত হতে থাকে। প্রত্যেকটি রশ্মির প্রতিসরাঙ্ক (Refractive index) বিভিন্ন।

এখন দুটি টুরম্যালিন বা আইসল্যাণ্ড স্পার কেলাস কানাডা বালসাম (Canada balsam) দিয়ে জুড়ে যদি একটা প্রিজম গঠিত হয়, তবে ঐ দুই রশ্মির মধ্যে একটি রশ্মির পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন (প্রতিসরাঙ্কের পার্থক্যের জন্য) হয়, এই জোড়া দেওয়া জায়গা থেকে (প্রতিসরাঙ্কের পার্থক্যের জন্য) ঐ দুই রশ্মির মধ্যে

একটি রশ্মি পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলণ (Total internal refraction) হয়। আর যে রশ্মি অভিলম্বভাবে (Normally) বার হয়ে আসে তাকে সমবর্তিত আলোক (Polarised light) বলে। এই সমবর্তিত আলোক রশ্মি একটি বিশেষ তলে কম্পিত হয়। কানাডা বালসাম দিয়ে জোড়া দেওয়া টুরম্যালিন বা আইসল্যাণ্ড স্পার কেলাস দুটি দিয়ে গঠিত প্রিজ্‌মকে নিকোল প্রিজ্‌ম (Nicol prism) বলে।

পোলারিমিটার যন্ত্রে এরকম দুটি নিকোল প্রিজ্‌ম একই সরলরেখায় কিছু দূরত্বের ব্যবধানে রাখা হয়। একবর্ণী আলোক রশ্মির (Monochromatic ray of light) উৎসের দিকে অবস্থিত প্রিজ্‌মটিকে পোলারাইজার বা সমবর্তিত আলোক রশ্মি প্রস্তুতকারক এবং অপরটিকে অ্যানালাইজার (Analyser) বা বিশ্লেষক প্রিজ্‌ম বলে।

যে আলোক রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য (Wave length) অভিন্ন, তাকে একবর্ণী আলোক রশ্মি বলে। যেমন সোডিয়াম D লাইনের আলোক তরঙ্গ দৈর্ঘ্য হলো 5893 Å।

নিকোলপ্রিজম

এখন যদি পোলারাইজার ও অ্যানালাইজারের অক্ষ দুটি সমান্তরাল হয় তবে পোলারাইজার থেকে নির্গত সমবর্তিত আলোক রশ্মি অ্যানালাইজার দিয়ে সমান তীব্রতায় (Intensity) বার হয়ে যাবে। কিন্তু পোলারাইজার ও অ্যানালাইজারের অক্ষ দুটি একে অন্যের সঙ্গে লম্বভাবে (Crossed) থাকলে পোলারাইজার থেকে নির্গত আলোক রশ্মি অ্যানালাইজারের মধ্য দিয়ে বার হয়ে আসতে পারবে না। কোন আলোক রশ্মি দেখা যাবে না অর্থাৎ দৃষ্টি ক্ষেত্র অন্ধকার হয়ে থাকবে।

পোলারাইজার ও অ্যানালাইজারের অক্ষ দুটি একে অন্যের সঙ্গে লম্বভাবে রাখার পর এই দুই প্রিজ্‌মের মধ্যবর্তী জায়গায় টিউবে করে কোন বস্তুকে তরল অবস্থায় বা দ্রবণ অবস্থায় নিয়ে রেখে দিলে যদি আলোক রশ্মি দেখা যায়, তবে ঐ বস্তুটি আলোক সক্রিয় এবং আলোক রশ্মি দেখা না গেলে (পূর্ব অবস্থায় থাকলে) ঐ বস্তুটিকে আলোক নিক্রিয় পদার্থ বলে। এখন আলোক সক্রিয় বস্তুর ক্ষেত্রে যত ডিগ্রি কোণে অ্যানালাইজারটিকে ঘোরালে পুনরায় দৃষ্টিক্ষেত্র অন্ধকার হয়ে যাবে অ্যানালাইজারের এই ঘূর্ণক কোণের ডিগ্রির মান হবে ঐ বস্তু কর্তৃক সমবর্তিত আলোক রশ্মি ঘূর্ণক কোণের মানের সমান। এখন অ্যানালাইজারকে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরিয়ে যদি দৃষ্টিক্ষেত্রের সম্পূর্ণ অন্ধকার হয় সমবর্তিত আলোক রশ্মিকে বস্তুটি ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরিয়েছে অর্থাৎ বস্তুটি ডান ঘূর্ণক বস্তু বা d বা (+) হবে। এর বিপরীত দিকে হলে বস্তুটি বাম ঘূর্ণক বা l বা (−) হবে।

ধ্রুবণ ঘূর্ণাংক (Specific rotation) ঃ আলোক সক্রিয় পদার্থ দ্বারা সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলকে ঘোরান কোণের মান α নানান ব্যাপারের উপর নির্ভরশীল। যেমন পদার্থের অণুর প্রকৃতি এবং সংখ্যা যা ঐ রশ্মির সম্মুখীন হয়। বস্তুটির দ্রবণের ঘনত্ব (বা বিশুদ্ধ তরল পদার্থের ক্ষেত্রে ঘনত্ব) এবং দ্রবণের দৈর্ঘ্যের (যার মধ্য দিয়ে সমবর্তিত আলোক রশ্মি অতিক্রান্ত হয়) মানের সঙ্গে সমানুপাতিক। এছাড়া সমবর্তিত আলোক রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, পরীক্ষাকালে তাপমাত্রা এবং দ্রাবকের প্রকৃতির উপরও α-র মান নির্ভরশীল। সাধারণত সোডিয়াম বাষ্প শিখা থেকে নির্গত একবর্ণী পীত আলোক রশ্মি (যাকে D-শিখা বলে) ধ্রুবণ ঘূর্ণাংক নির্ণয়ে ব্যবহার করা হয়। ধ্রুবণ ঘূর্ণাংক $[\alpha]$-কে নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।

দ্রবণের ক্ষেত্রে $[\alpha]_D^{t^\circ} = \frac{\alpha}{l.\ c}$

α = ঘূর্ণক কোণের মান
l = দ্রবণের দৈর্ঘ্য ডেসিমিটারে
c = বস্তুর পরিমাণ (গ্রাম) / c.c
$t^\circ C$ = তাপমাত্রা
D = সোডিয়াম D আলো

কোন বস্তুর ধ্রুবণ ঘূর্ণাংকের মানকে বস্তুর আণবিক ওজন দিয়ে গুণ করে 100 দিয়ে ভাগ করলে যে মান পাওয়া যায় তাকে আণবিক ঘূর্ণন (Molecular rotation) $[M]_D^{t^\circ}$ বলে।

অতএব $[M]_D^{t^\circ} = \frac{[\alpha]_D^{t^\circ} \times M}{100}$ M = আণবিক ওজন

অপ্রতিসাম্য বা অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট আলোক সক্রিয় যৌগ (Optically active compounds with asymmetric carbon atoms) : কোন যৌগ আলোক সক্রিয় হতে গেলে তার অণুটিকে মোটের উপর অপ্রতিসাম্য হতে হবে।

যাতে সামঞ্জস্যের বা সমমিতির (Symmetry) অভাব আছে সেটি অসমমিত, অসামঞ্জস বা অপ্রতিসাম্য (Asymmetric) হবে। যে বস্তুকে একটি সরলরেখা বা তল দিয়ে সদৃশ বা সমান দুটি অংশে ভাগ করা যায় না তাকে অপ্রতিসাম্য বা অসমমিত বস্তু বলে। আর যাকে ভাগ করা যায় তাকে প্রতিসাম্য বা সমমিত বস্তু বলে।

প্রতিসাম্য বস্তুর প্রচুর উদাহরণ দেওয়া যেতে পারে। যেমন বল বা যে কোন গোলাকার বস্তু (ফাঁপা বা নিরেট)। কারণ অসংখ্য তল দিয়ে গোলাকার বস্তুকে সদৃশ দুটি অংশে ভাগ করা যায়। আবার কাপকে একটিমাত্র তল দিয়ে সদৃশ দুটি অংশে কেবলমাত্র ভাগ করা যায়। অতএব কাপ ও প্রতিসাম্য বস্তু। সেরকম চেয়ার, টেবিল, দোয়াত, গ্লাস, বাটি, চামচ, টর্চ, চশমা ইত্যাদি প্রতিসাম্য বস্তু। কারণ প্রত্যেকটিকে কোন না কোন তল দিয়ে সদৃশ দুটি অংশে ভাগ করা যায়।

হাতের দস্তানাকে বা জুতোকে কোন সরলরেখা বা তল দিয়ে সমান দুটি অংশে ভাগ করা যায় না। অতএব এগুলি হলো অপ্রতিসাম্য বস্তুর উদাহরণ।

প্রতিসাম্য বস্তু এবং আয়নাতে এটির প্রতিচ্ছবি একে অন্যের উপর রাখলে সম্পূর্ণ উপরিপাত (superimposition) ঘটে অর্থাৎ একটি বস্তুর নির্দিষ্ট সকল অংশের নিচে অন্যটির নির্দিষ্ট সকল অংশগুলি পড়বে। অর্থাৎ অঙ্গাঙ্গীভাবে উপরিপাত ঘটবে, অর্থাৎ একটির বিন্যাস অপরটির সঙ্গে অভিন্ন হবে।

কিন্তু একটি হাতের দস্তানার প্রতিচ্ছবি ঐ বস্তুটির উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত কখন হবে না। সে রকম একটি অপ্রতিসাম্য বস্তু এবং এটির প্রতিচ্ছবি কখন সম্পূর্ণ বা অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত হবে না।

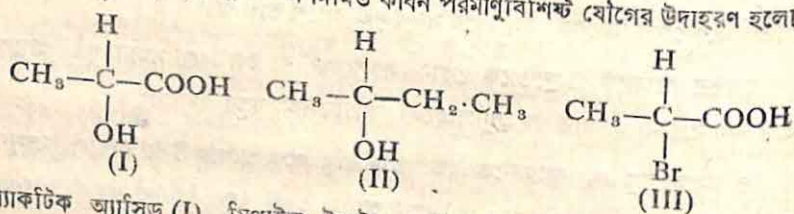
কোন যৌগ আলোক সক্রিয় হলে তার অণুটির গঠন মোটের উপর অপ্রতিসাম্য হবে। অর্থাৎ যৌগটির (গঠন) আয়নায় প্রতিচ্ছবি যৌগটির উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত ঘটবে না। অর্থাৎ যৌগটির এবং এটির প্রতিচ্ছবির অভিন্ন পরমাণু বা মূলকগুলি একে অন্যের উপর সম্পূর্ণ উপরিপাত হবে না। এই শর্তটি পূরণ না হলে কোন যৌগই আলোক সক্রিয় হবে না।

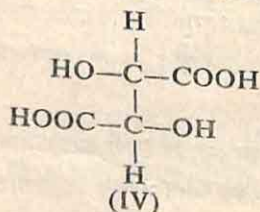
একটি অণু যখন এটির আয়নায় প্রতিচ্ছবির সঙ্গে অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত হয় না তখন তাদের (অণুটি ও এটির প্রতিচ্ছবি) এনান্সিয়োমর্ফ (Enantiomorphs) বলে।

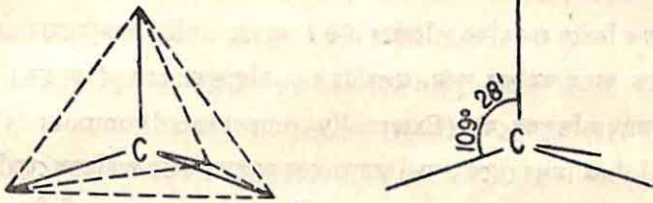
এনান্সিয়োমর্ফগুলি সমাবয়বী যৌগ, যাদের সমস্ত ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি সাধারণত অভিন্ন হয়। কেবলমাত্র এনান্সিয়োমর্ফগুলি সমবর্তিত আলোকরশ্মির তলকে সমান কোণে কিন্তু বিপরীত দিকে ঘোরায়।

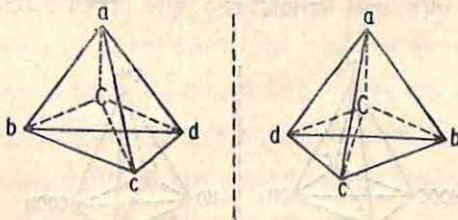
এখন নানান কারণে কোন একটি যৌগের আণবিক গঠন অপ্রতিসম বা অসামঞ্জস্য হতে পারে। এদের মধ্যে সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য হলো অণুতে এক বা একাধিক অসমমিত বা অপ্রতিসম বা অসামঞ্জস্য কার্বন পরমাণুর উপস্থিতি। যৌগে অবস্থিত কোন একটি কার্বন পরমাণুর চারটি যোজ্যতা যখন চারিটি বিভিন্ন পরমাণু বা মূলক দিয়ে সংযুক্ত থাকে তখন সেই কার্বন পরমাণুকে অসমমিত বা অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বলে। অসমমিত কার্বন পরমাণু থাকলেই যৌগটি আলোক সক্রিয় নাও হতে পারে। অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগটি যদি এটির আয়নায় প্রতিচ্ছবির সঙ্গে অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত না হয় তবেই যৌগটি আলোকসক্রিয় হবে।

অসমমিত কার্বন পরমাণুর চারিটি যোজ্যতার মধ্যে কোন দুটি যোজ্যতায় অভিন্ন পরমাণু বা মূলক থাকবে না। অসমমিত কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট যৌগের উদাহরণ হলো

$$\underset{\text{(I)}}{CH_3-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle OH}{C}}-COOH} \qquad \underset{\text{(II)}}{CH_3-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle OH}{C}}-CH_2\cdot CH_3} \qquad \underset{\text{(III)}}{CH_3-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle Br}{C}}-COOH}$$

ল্যাকটিক অ্যাসিড (I), মিথাইল ইথাইল কার্বিনল (II), α ব্রোমোপ্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (III) একটি করে অসমমিত কার্বন পরমাণু আছে। আবার টারটারিক অ্যাসিডে (IV) দুটি অসমমিত কার্বন পরমাণু আছে।

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ HO-C-COOH \\ | \\ HOOC-C-OH \\ | \\ H \\ \text{(IV)} \end{array}$$

আলোক সক্রিয় জৈব যৌগের গঠনগত সমস্যার সমাধানকল্পে 1874 খ্রীস্টাব্দে ভ্যাণ্ট হফ (Van't Hoff) এবং লা বেল (La Bel) পৃথক পৃথক ভাবে কার্বনের

যোজ্যতা সম্পর্কে তত্ত্ব হাজির করেন। ভ্যাণ্ট হফ এবং লা বেলের তত্ত্বগুলি কার্যত অভিন্ন। তত্ত্বটি তাঁরা এইভাবে উপস্থিত করেন যে, কোন সমচতুষ্ফলকের বা সমচতুস্তলকের (Regular tetrahedron) কেন্দ্রে কার্বন পরমাণু অবস্থিত এবং ঐ সমচতুস্তলকের চারটি শীর্ষ কোণের দিকে কার্বনের চারটি যোজ্যতা নির্দেশিত হয়।

কার্বনের চারটি যোজ্যতা একই তলে অবস্থিত নয়। তবে সকল জৈব যৌগের ক্ষেত্রে যে যোজ্যতাগুলি অনমনীয় তা নয়। সংপৃক্ত জৈব যৌগের ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুর যে কোন দুটি যোজ্যতার মধ্যে কোণের পরিমাণ হবে সাধারণত 109°28′। অসংপৃক্ত যৌগের ক্ষেত্রে এই কোণের পরিমাণ বিভিন্ন হয়।

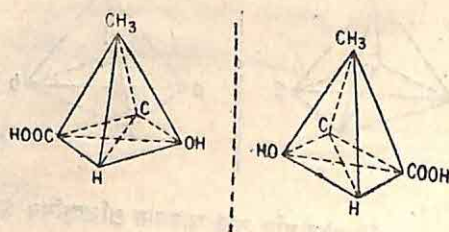
ভ্যাণ্ট হফ এবং লা বেলের সমচতুস্তলক তত্ত্বের সাহায্যে একটি অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট Cabcd যৌগের গঠন বিন্যাস দু'রকম হতে পারে। একটি গঠন হবে আর একটি আয়নার প্রতিচ্ছবি এবং যারা একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গীভাবে উপরিপাত হবে না। অথবা কোন একটি গঠনকে একটি তল দিয়ে সদৃশ দুটি সমান ভাগে ভাগ করা যাবে না।

আর যেহেতু কোন একটি গঠন যদি তার আয়নায় প্রতিচ্ছবির উপর অঙ্গাঙ্গীভাবে উপরিপাত না ঘটে তবে ঐ দুই সমাবয়ব যৌগ প্রত্যেকে আলোক সক্রিয় হবে। এই দুই গঠনের একটি ডান ঘূর্ণক যৌগ এবং অপরটি বাম ঘূর্ণক যৌগ হবে। এদের মধ্যে কোনটি ডান ঘূর্ণক বা কোনটি বাম ঘূর্ণক হবে তা বলা সম্ভব নয়। তবে একটি ডান ঘূর্ণক হলে এর আয়নার প্রতিচ্ছবি বাম ঘূর্ণক হবে, প্রত্যেকে সমবর্তিত আলোকরশ্মিকে

সমান কোণে ঘোরাবে, তবে বিপরীত দিকে। এদের প্রত্যেককে এনান্‌সিয়োমর্ফ বা এনান্‌সিয়োমার (Enantiomer) বলে।

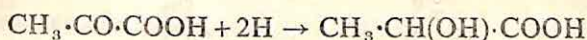
এখন দুটি এনান্‌সিয়োমারকে সমাণবিক পরিমাণে মেশালে অর্থাৎ 50% ডান ঘূর্ণক যৌগের সঙ্গে 50% বাম ঘূর্ণক যৌগটি মেশালে ঐ মিশ্রণটি আলোক নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়ে। এই মিশ্রণকে র‍্যাসিমিক মিশ্রণ (Racimic mixture) বা *dl* মিশ্রণ বলে। র‍্যাসিমিক মিশ্রণে সমাণবিক পরিমাণে d ও l থাকায় একটি এনান্‌সিয়োমারের দ্বারা সমবর্তিত আলোকরশ্মির ঘূর্ণন অপরটির দ্বারা বহিঃস্থভাবে সম্পূর্ণ রদ হয়। এদের বহিঃস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ (Externally compensated compounds) বলে।

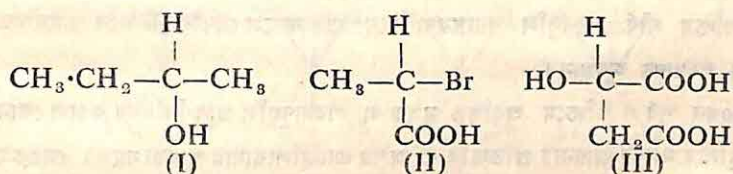
র‍্যাসিমিক মিশ্রণ থেকে এনান্‌সিয়োমারদের আলাদা করার পদ্ধতিকে রেজলিউশান (Resolution) বলে এবং কোন একটি এনান্‌সিয়োমারকে র‍্যাসিমিক মিশ্রণে পরিবর্তন করাকে র‍্যাসিমাইজেশান (Racemization) বলে।

আলোক সংক্রান্ত ধর্ম (Optical properties) ব্যতীত এনান্‌সিয়োমারদের সকল ভৌত ধর্ম অভিন্ন হলেও, এদের প্রত্যেকের ভৌত ধর্ম র‍্যাসিমিক মিশ্রণের থেকে আলাদা হয়। যেমন, গলনাঙ্ক, দ্রাব্যতা এবং ঘনত্ব। উদাহরণ টারটারিক অ্যাসিড।

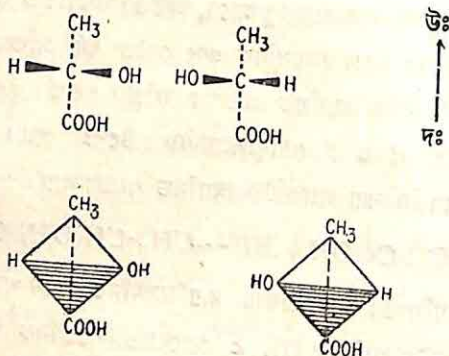
এখন $a = CH_3$, $b = COOH$, $c = H$ এবং $d = OH$ হলে Cabcd যৌগটি হবে ল্যাকটিক অ্যাসিড। এই ল্যাকটিক অ্যাসিডে একটি মাত্র অসমমিত কার্বন পরমাণু আছে। অতএব ল্যাকটিক অ্যাসিড দুটি আলোক সক্রিয় এনান্‌সিয়োমার দেবে, যারা একে অন্যের আয়নার প্রতিচ্ছবি এবং একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গীভাবে উপরিপাত হবে না। এই দুটি এনান্‌সিয়ামারের কোন একটি ডান ঘূর্ণক হলে অপরটি বাম ঘূর্ণক বা কোন একটি বাম ঘূর্ণক হলে অপরটি ডান ঘূর্ণক হবে। সমাণবিক পরিমাণে

এনান্‌সিয়োমারদের মেশালে *dl* বা র‍্যাসিমিক ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, যা আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ। এদের বহিঃস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ বলে। র‍্যাসিমিক ল্যাকটিক অ্যাসিড থেকে আলোক সক্রিয় সমাবয়ব বা এনান্‌সিয়োমারদের পৃথক করা যায়। এখন ডান ঘূর্ণক এবং বাম ঘূর্ণক যৌগে অসমমিত কার্বন

পরমাণুতে অভিন্ন মূলক এবং পরমাণু আছে, অতএব সমবর্তিত আলোক রশ্মির উপর এদের ক্রিয়া ছাড়া এদের সকল রাসায়নিক এবং ভৌত ধর্ম অভিন্ন হবে। সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপন্ন ল্যাকটিক অ্যাসিড আলোক নিক্রিয় পদার্থ। কারণ এই পদ্ধতিতে সমাণবিক পরিমাণে *d* ও *l* এনান্‌সিয়োমার উৎপন্ন হয়। যেমন পাইরুভিক অ্যাসিডকে বিজারণে নিষ্ক্রিয় ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

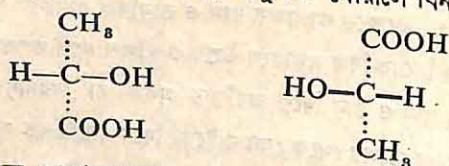
$$CH_3\cdot CO\cdot COOH + 2H \rightarrow CH_3\cdot CH(OH)\cdot COOH$$

ল্যাকটিক অ্যাসিডের মত একটি মাত্র অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগ যেমন ইথাইল মিথাইল কার্বিনল (I), ৻ ব্রোমোপ্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (II) এবং ম্যালিক অ্যাসিড (III) ইত্যাদি ল্যাকটিক অ্যাসিডের মত আলোক সমাবয়বতা দেখাবে।

$$\begin{array}{ccc} \begin{array}{c} H \\ | \\ CH_3\cdot CH_2-C-CH_3 \\ | \\ OH \\ (I) \end{array} & \begin{array}{c} H \\ | \\ CH_3-C-Br \\ | \\ COOH \\ (II) \end{array} & \begin{array}{c} H \\ | \\ HO-C-COOH \\ | \\ CH_2COOH \\ (III) \end{array} \end{array}$$

অভিক্ষেপ সংকেত (Projection formula) ঃ সম্পৃক্ত এবং অসমমিত জৈব যৌগদের সংকেত আমরা ত্রিমাত্রিক বিশিষ্ট সমচতুস্তলকের সাহায্যে প্রকাশ করতে পারি। কিন্তু কাগজের উপর ত্রিমাত্রিক সংকেত প্রকাশ করা বেশ অসুবিধেজনক, বিশেষ করে জটিল যৌগের ক্ষেত্রে। এর জন্য আলোক সমাবয়ব যৌগদের সহজে কাগজের উপর ফিশার অভিক্ষেপ সংকেতের (Fischer Projection Formulae) সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এক্ষেত্রে কাগজের বাম ও ডানদিক যথাক্রমে পশ্চিম ও পূর্ব এবং কাগজের উপর ও নিচের দিক যথাক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ বলে কল্পনা করা হয়। অসমমিত কার্বন পরমাণুর বাম ও ডান দিকে অবস্থিত মূলক বা পরমাণুর অভিক্ষেপ এমন হবে যে, এরা কাগজের তলের থেকে যেন বাইরের দিকে নির্দেশিত হচ্ছে বলে ধরা হয় এবং মোটা রেখা দিয়ে বন্ধনীটি প্রকাশ করা হয় এবং উত্তর ও দক্ষিণ দিকে অবস্থিত মূলক বা পরমাণুর অভিক্ষেপ এমন হবে যে, এরা কাগজের তলের থেকে নিচের দিকে নির্দেশিত হচ্ছে বলে ধরা হবে। এক্ষেত্রে বন্ধনী বিন্দুকিত রেখা (Dotted line) দিয়ে প্রকাশ করা যায়। সাধারণত কার্বনের মুখ্য শৃংখলটি উত্তর দক্ষিণ বরাবর নির্দেশিত করা হয়। *d* ও *l* ল্যাকটিক অ্যাসিডের অভিক্ষেপ সংকেত হবে—

CH_3 / H—C—OH / $COOH$ CH_3 / HO—C—H / $COOH$ উঃ ↑ দঃ

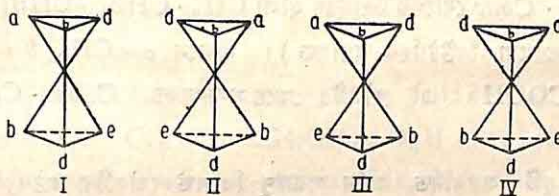
CH_3 / H ◇ OH / $COOH$ CH_3 / HO ◇ H / $COOH$

অভিক্ষেপ সংকেত থেকে সহজে সমচতুস্তলক গঠন করা যায়। শুধুমাত্র বন্ধনীর শেষ প্রান্তগুলি যোগ করে দিলেই সমচতুস্তলক গঠন পাওয়া যাবে এবং উত্তর-দক্ষিণ ও পূর্ব-পশ্চিম শীর্ষ কোণগুলি সরলরেখা দিয়ে যোগ করলে ছেদবিন্দুটি হবে অসমমিত কার্বন পরমাণুর অবস্থান।

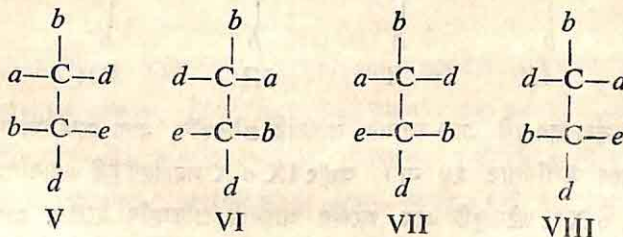
এখন পূর্ব ও পশ্চিমে অবস্থিত মূলক বা পরমাণুগুলি স্থান বিনিময় করলে কোন এনান্‌সিয়োমারের আয়নার প্রতিচ্ছবি বা অপর এনান্‌সিয়োমার পাওয়া যাবে। সেরকম উত্তর-দক্ষিণে অবস্থিত মূলক বা পরমাণুগুলি স্থান বিনিময় করলেও অপর এনান্‌সিয়োমার পাওয়া যাবে। এমনকি উত্তর ও পূর্ব বা পশ্চিমে অবস্থিত মূলক বা পরমাণুগুলি স্থান বিনিময় করলেও অপর এনান্‌সিয়োমার পাওয়া যাবে। যে কোন সময় একসঙ্গে দুটি মূলকের বা পরমাণুর স্থান বিনিময় করলে তবেই অন্য এনান্‌সিয়োমার পাওয়া যাবে। কোন সমাবয়বের অভিক্ষেপ সংকেতকে কাগজের তলের 180° কোণে ঘোরালে বিন্যাসের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না, কিন্তু 90° ঘোরালে বিন্যাসের পরিবর্তন হয়।

CH_3 / H—C—OH / COOH   COOH / HO—C—H / CH_3

আলোক সমাবয়বের সংখ্যা : ল্যাকটিক অ্যাসিডের মত একটি মাত্র অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগের দু-প্রকার আলোক সমাবয়ব হয়। যৌগে অসমমিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যা বাড়ালে আলোক সমাবয়বেরও সংখ্যা বাড়বে। ভিন্ন প্রকার অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগের ক্ষেত্রে আলোক সমাবয়বের সংখ্যা হবে 2^n। যেখানে n = অসমমিত কার্বন পরমাণুর (ভিন্ন প্রকার) সংখ্যা। n-এর মান এক হলে সমাবয়বের সংখ্যা হবে দুই। $n=2$ হলে সমাবয়বের সংখ্যা হবে চার

এবং n = 3 হলে সমাবয়বের সংখ্যা হবে আট। এই সংখ্যায় অবশ্য র‍্যাসিমিক মিশ্রণটি পড়ে না।

দুটি অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগের ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা ঃ দুটি অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগ Cabd·Cbde-তে দুটি ভিন্ন প্রকার অসমমিত কার্বন পরমাণু আছে। এই রকম গঠন বিশিষ্ট যৌগ চার প্রকার আলোক সমাবয়ব যৌগ দেয়। যেমন—

I ও II নং গঠন একে অন্যের আয়নার প্রতিচ্ছবি এবং এরা এনান্‌সিয়োমার। সেই রকম III ও IV গঠন এনানসিয়োমার। I ও II এনান্‌সিয়োমার দুটি সমাণবিক পরিমাণে মেশালে র‍্যাসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যাবে। সেই রকম III ও IV এনান্‌সিয়োমার দুটি সমাণবিক পরিমাণে মেশালেও র‍্যাসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যাবে।

এখন I ও III নং যৌগে অভিন্ন মূলক আছে, যাদের একটি অসমমিত কার্বন পরমাণুর বিন্যাস এক হলেও অন্যটির এক নয় এবং যাদের শূন্যে অবস্থান কেবলমাত্র আলাদা এবং এরা পরস্পরের সঙ্গে আয়নার প্রতিচ্ছবিও নয়। এই রকম আলোক সক্রিয় সমাবয়বকে ডায়াস্টিরিও-সমাবয়ব (Diastereoisomer) বলা হয়। এই ডায়াস্টিরিও সমাবয়বগুলি এনান্‌সিয়োমার নয়। এই সমাবয়বগুলিকে সমচতুষ্ফলকের

$$\begin{array}{cccc} \begin{array}{c} b \\ | \\ a-C-d \\ | \\ b-C-e \\ | \\ d \end{array} & \begin{array}{c} b \\ | \\ d-C-a \\ | \\ e-C-b \\ | \\ d \end{array} & \begin{array}{c} b \\ | \\ a-C-d \\ | \\ e-C-b \\ | \\ d \end{array} & \begin{array}{c} b \\ | \\ d-C-a \\ | \\ b-C-e \\ | \\ d \end{array} \\ \text{V} & \text{VI} & \text{VII} & \text{VIII} \end{array}$$

সাহায্যে গঠন প্রকাশ করা বেশ মুস্কিল এবং অসুবিধেজনক। এদের অভিক্ষেপ সংকেতের সাহায্যে সহজেই প্রকাশ করা যায়।

এখন *Cabd* · C*bde* এইরকম যৌগে দুটি অসমমিত কার্বন পরমাণুতে সংযুক্ত সবকটি মূলক বা পরমাণু সমান নয়। তাই প্রত্যেকটি অসমমিত কার্বন পরমাণু দ্বারা

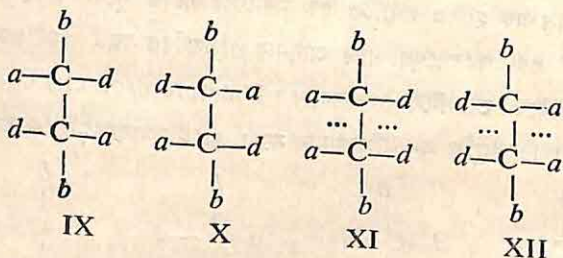
সমবর্তিত আলোক রশ্মিকে ঘোরান কোণের পরিমাণ সমান হবে না। মনে করি *Cabd*-তে অবস্থিত অসমমিত কার্বন পরমাণু সমবর্তিত আলোক রশ্মিকে x কোণে এবং *Cbde*-তে অবস্থিত অসমমিত কার্বন পরমাণু সমবর্তিত আলোক রশ্মিকে y কোণে ঘোরাতে পারে। সুতরাং বিভিন্ন গঠন বিন্যাসের ক্ষেত্রে (V—VIII) সমবর্তিত আলোক রশ্মি ঘোরান পরিমাণ হবে যথাক্রমে

$$\frac{\begin{array}{c}+x\\+y\end{array}}{x+y} \qquad \frac{\begin{array}{c}-x\\-y\end{array}}{-(x+y)} \qquad \frac{\begin{array}{c}+x\\-y\end{array}}{(x-y)} \qquad \frac{\begin{array}{c}-x\\+y\end{array}}{-(x-y)}$$

V ও **VI** সমাবয়ব দুটি সমবর্তিত আলোক রশ্মিকে সমান কোণে ঘোরায় কিন্তু বিপরীত দিকে। সেরকম **VII** ও **VIII** সমাবয়ব দুটির ক্ষেত্রেও তাই।

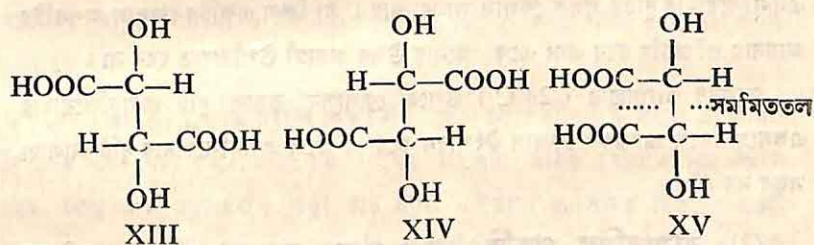
Cabd · *Cbde* যৌগের উদাহরণ হলো $CH_3 \cdot CHBr \cdot CHBr \cdot COOH$ ($\alpha\ \beta$ ডাই-ব্রোমো বিউটারিক অ্যাসিড)। এখানে $a = CH_3$, $b = H$, $d = Br$ এবং $e = COOH$। এই যৌগটির ক্ষেত্রে সমাবয়বতা *Cabd* · *Cbde* যৌগের মত হবে।

এখন দুটি অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগটির গঠন বিন্যাস যদি *Cabd* · *Cabd* (দুটি অসমমিত কার্বন পরমাণু সংযুক্ত মূলকগুলি অভিন্ন) হয়, তবে সেক্ষেত্রে অভিক্ষেপ সংকেত হবে

```
      b            b            b            b
      |            |            |            |
  a—C—d        d—C—a        a—C—d        d—C—a
      |            |         ···|···      ···|···
  d—C—a        a—C—d        a—C—d        d—C—a
      |            |            |            |
      b            b            b            b
     IX            X           XI          XII
```

IX ও **X** সমাবয়ব দুটি একে অন্যের আয়নার প্রতিচ্ছবি, যারা একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গীভাবে উপরিপাত হয় না। অর্থাৎ **IX** ও **X** সমাবয়ব দুটি এনানসিয়োমার। কিন্তু **XI** ও **XII** গঠন দুটি একে অন্যের আয়নার প্রতিচ্ছবি হলেও, যারা একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গীভাবে উপরিপাত হয় অর্থাৎ দুটি গঠনেরই বিন্যাস অভিন্ন অর্থাৎ দুটি অভিন্ন যৌগ, যদিও অসমমিত কার্বন পরমাণু আছে। অতএব অসমমিত কার্বন পরমাণু থাকলেই যৌগটি আলোক সক্রিয় নাও হতে পারে। আবার অনেক যৌগের ক্ষেত্রে অসমমিত কার্বন না থাকলেও যৌগটি আলোক সক্রিয় হতে

পারে। কিন্তু আলোক সক্রিয় হতে গেলে কোন গঠন বিন্যাসের আয়নার প্রতিচ্ছবি অবশ্য একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গীভাবে উপরিপাত হবে না। XI সমাবয়বটির একটি সমমিতি তল (Plane of symmetry) আছে। ফলে এটিকে এই তল দিয়ে সমান দুই অংশে ভাগ করা যায়। আর এর ফলে এটি আলোক নিষ্ক্রিয় যৌগ হবে। XI বা XII সমাবয়বটিতে অবস্থিত একটি অসমমিত কার্বন পরমাণু দ্বারা সমবর্তিত আলোক রশ্মিকে যেদিকে যতটা ঘোরাবে অপর অসমমিত কার্বন পরমাণু সমবর্তিত আলোক রশ্মিকে ঠিক ততটা বিপরীত দিকে ঘোরায়। পরিণতি স্বরূপ আলোক রশ্মি কোন দিকে ঘুরবে না। অর্থাৎ একটি অসমমিত কার্বন পরমাণুর প্রভাব অপরটি দ্বারা রদ বা বাতিল হয়ে যাচ্ছে। আর এই রদ বা বাতিল করার ব্যবস্থাটা ঐ অণুর মধ্যেই সংঘটিত হয় বলে এই যৌগটি অন্তঃস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ (Internally compensated compound) বা মেসো (Meso) সমাবয়ব বলে।

2, 3 ডাই-ব্রোমো বিউটেন $CH_3 \cdot CHBr \cdot CHBr \cdot CH_3$ এবং টারটারিক অ্যাসিড $HO_2C \cdot CH(OH) \cdot CH(OH) \cdot CO_2H$ হলো $Cabd \cdot Cabd$-এর উদাহরণ। টারটারিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে $a = CO_2H$, $b = OH$, $d = H$ হবে।

```
       OH                    OH                  OH
       |                     |                   |
HOOC—C—H                H—C—COOH      HOOC—C—H
       |                     |             ...... | ...সমমিততল
   H—C—COOH         HOOC—C—H          HOOC—C—H
       |                     |                   |
       OH                    OH                  OH
      XIII                   XIV                 XV
```

XIII ও XIV সমাবয়ব দুটি এনানসিয়োমার এবং এই দুটির সমাণবিক পরিমাণে মেশালে *dl* বা র‍্যাসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যাবে। এনানসিয়োমার দুটি আলোক সক্রিয় সমাবয়ব। XV সমাবয়বটি অন্তঃস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ বা মেসো সমাবয়ব। র‍্যাসিমিক ও মেসো সমাবয়ব দুটি আলোক নিষ্ক্রিয় যৌগ। র‍্যাসিমিক মিশ্রণ থেকে আলোক সক্রিয় সমাবয়ব দুটিকে রেজলিউশান করে পৃথক করা যায়। কিন্তু মেসো সমাবয়বটিকে আলোক সক্রিয় সমাবয়বে পৃথক করা যায় না। সক্রিয় টারটারিক অ্যাসিড (যে কোন রূপ) মেসো টারটারিক অ্যাসিডের সঙ্গে ডায়াস্টিরিও সমাবয়ব হবে।

র‍্যাসিমিক মিশ্রণকে পৃথকীকরণঃ র‍্যাসিমিক মিশ্রণ থেকে এনান্‌সিয়োমারদের আলাদা করার পদ্ধতিকে রেজলিউশান (Resolution) বলে। র‍্যাসিমিক মিশ্রণে এনান্‌সিয়োমারগুলি সমাণবিক পরিমাণে থাকায় এটি আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ। এনান্‌সিয়োমারগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন বলে ভৌত পদ্ধতি যেমন আংশিক কেলাসন, আংশিক পাতন ইত্যাদি দ্বারা র‍্যাসিমিক মিশ্রণ থেকে এদের আলাদা করা সম্ভব নয়।

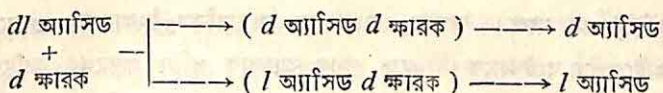
(1) **যান্ত্রিক পদ্ধতিঃ** এই পদ্ধতিতে লুই পাস্তুর (Louis Pasteur) চিমটের সাহায্যে সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম টারটারেটের র‍্যাসিমিক মিশ্রণের কেলাস থেকে এনানসিয়োমার দুটি আলাদা করেন। এই যৌগের এনান্‌সিয়োমার দুটির কেলাসগুলি সর্বতোভাবে অনুরূপ নয়, কিন্তু একটি এনানসিয়োমারের কেলাসের গঠন অপরটির আয়নার প্রতিচ্ছবি এবং একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত হয় না। এইরূপ দুই শ্রেণীর কেলাসকে অনুবীক্ষণ যন্ত্রের নিচে রেখে তিনি চিমটের সাহায্যে বেছে আলাদা করেন। এভাবে অবশ্য আজকাল র‍্যাসিমিক মিশ্রণকে আলাদা করা হয় না। সংক্রমণ তাপমাত্রা থেকে কম তাপমাত্রায় সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম টারটারেটের জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসন করলে কেবলমাত্র সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম টারটারেটের এনান্‌সিয়োমার দুটির পৃথক কেলাস পাওয়া যায়। যা কিনা একটির কেলাস অপরটির আয়নার প্রতিচ্ছবি হবে এবং একে অন্যের উপর অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত হবে না।

সংক্রমণ তাপমাত্রার (28°C) উপরে কেলাসন করলে দুটি এনান্‌সিয়োমার একসঙ্গে মিশে একরকম কেলাস উৎপাদন করে। ফলে এনান্‌সিয়োমার দুটি আলাদা সম্ভব নয়।

(2) **রাসায়নিক পদ্ধতি** (লবণ গঠনের সাহায্যে) ঃ এই পদ্ধতিতে র‍্যাসিমিক মিশ্রণের সঙ্গে একটি আলোক সক্রিয় যৌগের বিক্রিয়ায় যে দুটি আলোক সক্রিয় যৌগ (এনান্‌সিয়োমার দুটি থেকে) উৎপন্ন হয় তারা কিন্তু একে অন্যের (গঠনের) সঙ্গে আয়নার প্রতিচ্ছবি হয় না। ফলে উৎপন্ন আলোক সক্রিয় যৌগ দুটি একে অন্যের এনান্‌সিয়োমার নয়, তবে ডায়াস্টিরিও সমাবয়ব হয়। এই ডায়াস্টিরিও সমাবয়বদের ভৌতধর্ম যেমন দ্রাব্যতা, গলনাঙ্ক ইত্যাদি সমান (অভিন্ন) হয় না। ফলে ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে একে অন্যের থেকে আলাদা করা যায়।

যেমন কোন অ্যাসিডের র‍্যাসিমিক মিশ্রণের সঙ্গে আলোক সক্রিয় ক্ষারকের (base) (মনে করি *d* ক্ষারকের) বিক্রিয়ায় যে লবণ উৎপন্ন হবে সেটি ডায়াস্টিরিও

সমাবয়বের মিশ্রণ হবে। এদের ভৌত পদ্ধতিতে (আংশিক কেলাসন পদ্ধতিতে) পৃথক করা যায়। লবণগুলিকে পৃথক করে তাদের প্রত্যেককে আলাদা আলাদাভাবে

dl অ্যাসিড + d ক্ষারক — ⟶ (d অ্যাসিড d ক্ষারক) ⟶ d অ্যাসিড
— ⟶ (l অ্যাসিড d ক্ষারক) ⟶ l অ্যাসিড

আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে d ও l অ্যাসিড পৃথক পৃথক ভাবে পাওয়া যাবে। আলোক সক্রিয় ক্ষারক হিসেবে ব্রুসিন (Brucine), স্ট্রিক্‌নিন (Strychnine), কুইনিন ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়, কারণ বিভিন্ন গাছপালা থেকে এই আলোক সক্রিয় ক্ষারকদের পাওয়া যায়।

র্যাসিমিক টারটারিক অ্যাসিডের সঙ্গে d সিনকোনিন ক্ষারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ডায়াস্টিরিও সমাবয়ব হবে d সিনকোনিন d টারটারেট এবং d সিনকোনিন l টারটারেট। এই দুই লবণের দ্রাব্যতা বিভিন্ন হওয়ায় এদের আংশিক কেলাসন করে পৃথক করা হয়। পরে প্রত্যেক লবণকে পৃথকভাবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করালে d ও l টারটারিক অ্যাসিড পাওয়া যাবে।

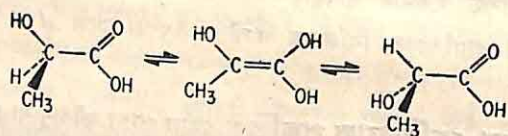
র্যাসিমিক ক্ষারকের ক্ষেত্রে আলোক সক্রিয় অ্যাসিড যেমন d টারটারিক অ্যাসিড, l ম্যালিক অ্যাসিড ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। র্যাসিমিক কোহলের ক্ষেত্রেও আলোক সক্রিয় অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন করে d ও l কোহল পৃথক করা হয়।

(3) **বায়ো কেমিক্যাল পদ্ধতি** : কোন কোন জীবাণু বা ছত্রাক র্যাসিমিক মিশ্রণের মধ্যে যোগ করলে তারা এক বিশেষ আলোক সক্রিয় যৌগকে দ্রুত ধ্বংস করে, কিন্তু অপর সমাবয়বকে কিছুই করে না। এইভাবে র্যাসিমিক মিশ্রণের একটি এনান্‌সিয়োমার ধ্বংস হয় এবং অপরটি অপরিবর্তিত থাকে। এই পদ্ধতিতে একটি বিশেষ এনান্‌সিয়োমার পাওয়া যায়। পেনিসিলিয়াম গ্লউকাম (Penicillium Glaucum) নামে এক বিশেষ ছত্রাক র্যাসিমিক অ্যামোনিয়াম টারটারেটে যোগ করলে d সমাবয়বকে ধ্বংস করে। ফলে দ্রবণে l অ্যামোনিয়াম টারটারেট পাওয়া যায়। এই পদ্ধতির অসুবিধা হলো (i) সাধারণত র্যাসিমিক মিশ্রণের লঘু দ্রবণ ব্যবহার করতে হয়, ফলে পরিত্যক্ত এনান্‌সিয়োমারের পরিমাণ কম হয়। (ii) একটি এনান্‌সিয়োমার সব সময় ধ্বংস হয়ে যায়। (iii) এই বিক্রিয়ার গতি বেশ মন্থর।

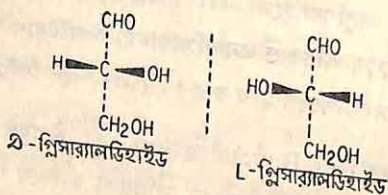
র্যাসিমাইজেশান (Racemization) : উপযুক্ত অবস্থায় বেশির ভাগ আলোক সক্রিয় যৌগ তাদের আলোক সক্রিয়তা হারিয়ে আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থে

পরিণত হয়, যদিও তাদের গঠন অবিকৃত থাকে। *d* বা *l* যৌগ একে অন্যের আকৃতিতে পরিবর্তিত হয়ে *dl* বা র‍্যাসিমিক মিশ্রণে পরিণত হয়। এই পরিবর্তনকে র‍্যাসিমাইজেশান বলে। আলো, তাপ বা রাসায়নিক বিকারকের প্রভাবে এই র‍্যাসিমাইজেশান ঘটে থাকে। এতে কোন আলোক সক্রিয় পদার্থের অর্ধাংশ তার এনান্‌সিয়োমারে পরিণত হয়। যেমন *d* বা *l* টারটারিক অ্যাসিডকে জল বা ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে 170°C-এ উত্তপ্ত করলে আলোক নিষ্ক্রিয় র‍্যাসিমিক টারটারিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

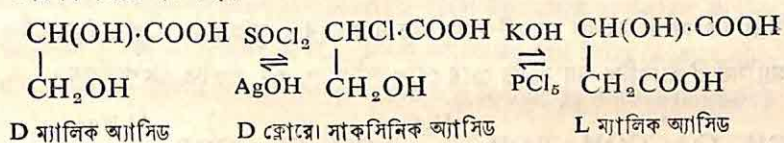
যে সকল আলোক সক্রিয় যৌগে ঋণাত্মক মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে α কার্বন পরমাণুটি অসমমিত এবং এই অসমমিত কার্বনে যদি হাইড্রোজেন পরমাণু [—CH·C=O] থাকে তাদের সাধারণত র‍্যাসিমাইজেশান হয়।

র‍্যাসিমাইজেশানে α হাইড্রোজেন পরমাণু ঋণাত্মক মূলকে প্রচরণ (Migrate) করে সমমিত এনলে (Enol) পরিবর্তিত হয়, পরে যা আবার α কার্বনে প্রচরণ করে পুনরায় অসমমিত কার্বন পরমাণুতে পরিণত করে। হাইড্রোজেন পরমাণুর এই দ্বিতীয়বার প্রচরণে *d* বা *l* সমাবয়ব উৎপন্ন হবার সম্ভবনা সমান সমান। ফলে র‍্যাসিমিক মিশ্রণে পরিণত হয়।

ভালডান উৎক্রমণ (Walden inversion) ঃ 1893 খ্রীষ্টাব্দে ভালডান রেজলিউশান ছাড়াই D* শ্রেণীর কোন আলোক সক্রিয় যৌগকে L* শ্রেণীতে বা

* D বা L এখানে কোন যৌগের বিন্যাস নির্দেশিত করে এবং ডেক্সট্রো (ডান ঘূর্ণন) বা লিভো (বাম ঘূর্ণন) বোঝায় না। যে সকল আলোক সক্রিয় যৌগের কোন সমাবয়ব D-গ্লিসার‍্যালডিহাইড বিন্যাসের ন্যায় তাকে D শ্রেণীর যৌগ বলা হয়। সেইরকম কোন যৌগের বিন্যাস L-গ্লিসার‍্যালডিহাইডের মত হলে তাদের L শ্রেণীর যৌগ বলে।

D-গ্লিসার‍্যালডিহাইড　　L-গ্লিসার‍্যালডিহাইড

L শ্রেণী যৌগ থেকে D শ্রেণী যৌগে পরিণত করেন। এই পরিবর্তনকে ভালডান উৎক্রমণ বলে। এই উৎক্রমণে সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলের ঘোরান দিকের পরিবর্তন হতেও পারে আবার নাও হতে পারে। অনেক সময় এই উৎক্রমণ আংশিক হলেও কখন কখন 100% হতে পারে। সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলের ঘোরার দিক পরিবর্তন হলেই বলা যাবে না যে উৎক্রমণ হয়েছে। যেমন D-গ্লিসার‍্যালডিহাইড ডান ঘূর্ণক যৌগ এবং এই যৌগটিকে জারিত করলে বাম ঘূর্ণক গ্লিসারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, যদিও D-গ্লিসার‍্যালডিহাইড এবং এর থেকে পাওয়া গ্লিসারিক অ্যাসিডের গঠন বিন্যাস অভিন্ন। অর্থাৎ উভয়েই D শ্রেণীর যৌগ, কিন্তু ঘূর্ণনের দিক আলাদা।

ম্যালিক অ্যাসিডের উপর নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে ভালডান প্রথম এই উৎক্রমণ করতে সফল হন।

$$\underset{\text{D ম্যালিক অ্যাসিড}}{\begin{array}{l}CH(OH)\cdot COOH\\ |\\ CH_2OH\end{array}} \underset{AgOH}{\overset{SOCl_2}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{D ক্লোরো সাকসিনিক অ্যাসিড}}{\begin{array}{l}CHCl\cdot COOH\\ |\\ CH_2OH\end{array}} \underset{PCl_5}{\overset{KOH}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{L ম্যালিক অ্যাসিড}}{\begin{array}{l}CH(OH)\cdot COOH\\ |\\ CH_2COOH\end{array}}$$

D ম্যালিক অ্যাসিড থেকে D ক্লোরো সাকসিনিক অ্যাসিড হয়ে L ম্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হওয়াকে ভালডান উৎক্রমণ বলে।

D ম্যালিক অ্যাসিড থেকে D ক্লোরো সাকসিনিক অ্যাসিডে পরিবর্তনে হাইড্রক্সিল মূলকের জায়গায় ক্লোরিন পরমাণু আসে কিন্তু এতে গঠন বিন্যাসের পরিবর্তন হয় না অর্থাৎ এটি ভালডান উৎক্রমণ হবে না। কিন্তু D ক্লোরো সাকসিনিক অ্যাসিড থেকে L ম্যালিক অ্যাসিডে পরিবর্তনে ক্লোরিনের পরিবর্তে হাইড্রক্সিল মূলক আসে, কিন্তু এতে বিন্যাসের পরিবর্তন ঘটে। ফলে L শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ এটি ভালডান উৎক্রমণ হবে। এক্ষেত্রে D ক্লোরো সাকসিনিক অ্যাসিডে ক্লোরিন পরমাণু কার্বন পরমাণুর যেদিকে সংযুক্ত আছে তার বিপরীত দিক থেকে হাইড্রক্সিল মূলক যৌগটিকে নিউক্লিয়োফিলিক আক্রমণের ফলে গঠন বিন্যাসের পরিবর্তন হয়। সেরকম L ম্যালিক অ্যাসিড থেকে D ক্লোরো সাকসিনিক অ্যাসিড হয়ে D ম্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হওয়াকেও ভালডান উৎক্রমণ বলে।

$$HO^{-} + HO_2C\!-\!\underset{CH_2CO_2H}{\overset{H}{C}}\!-\!Cl \longrightarrow \overset{\delta-}{HO}\cdots\underset{CH_2CO_2H}{\overset{HO_2C\ \ H}{C}}\cdots\overset{\delta-}{Cl} \longrightarrow HO\!-\!\underset{CH_2CO_2H}{\overset{H\ \ CO_2H}{C}} + Cl^{-}$$

অসমমিত সংশ্লেষণ (Asymmetric synthesis) **:** আলোক সক্রিয় যৌগদের সংশ্লেষণ করলে সাধারণত *dl* বা র‍্যাসিমিক মিশ্রণ পাওয়া যায়। কিন্তু সমমিত যৌগদের থেকে বিশেষ পদ্ধতিতে আলোক সক্রিয় যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব যাতে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে *d* ও *l* যৌগ উৎপন্ন হয়। অবশ্য রেজলিউশান করে নয়। এই পদ্ধতিতে আলোক সক্রিয় যৌগের সাহায্যে সমমিত যৌগ থেকে আলোক সক্রিয় যৌগ প্রস্তুত করার পদ্ধতিকে অসমমিত সংশ্লেষণ বলে।

(i) যেমন পাইরুভিক অ্যাসিডকে অ্যালুমিনিয়াম পারদ সংকর দিয়ে বিজারিত করলে *dl* বা র‍্যাসিমিক ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু পাইরুভিক অ্যাসিডকে (I) আলোক সক্রিয় কোহল [(–) মেনথল] দিয়ে বিক্রিয়া করিয়ে এস্টারে (II) পরিণত করার পর বিজারিত করলে যে ল্যাকটিক অ্যাসিড এস্টার (III) পাওয়া যায় তাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে উৎপন্ন ল্যাকটিক অ্যাসিড সামান্য বাম ঘূর্ণক হয়। অর্থাৎ *l* ল্যাকটিক অ্যাসিড *d* ল্যাকটিক অ্যাসিডের চেয়ে বেশি পরিমাণে এই পদ্ধতি উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{অ্যাসিড (I)}}{CH_3\cdot CO\cdot COOH} + \underset{\text{(–) মেনথল}}{ROH} \xrightarrow{-H_2O} \underset{(II)}{CH_3\cdot CO\cdot COOR} \xrightarrow{Al/Hg}$$

$$\underset{(III)}{CH_3CH(OH)\cdot COOR} \underset{H^+}{\xrightarrow{H_2O}} CH_3CH(OH)\cdot COOH$$

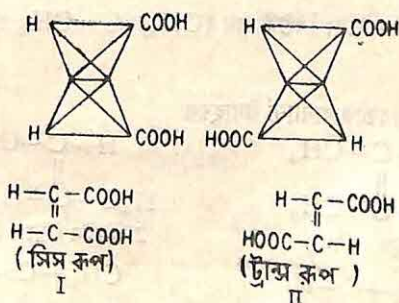
(ii) **উৎসেচকের উপস্থিতিতে অসমমিত সংশ্লেষণ :** একপ্রকার উৎসেচকের (Enzyme) উপস্থিতিতে বেনজ্যালডিহাইডের (I) সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিন (II)-কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে *d* ও *l* ম্যানডেলিক অ্যাসিড (III) উৎপন্ন হয়। কিন্তু *l* ম্যানডেলিক অ্যাসিড কিছুটা বেশি পরিমাণে হয়।

$$\underset{(I)}{C_6H_5\cdot CHO} + HCN \longrightarrow \underset{(II)}{C_6H_5-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-CN} \underset{H^+}{\xrightarrow{H_2O}} \underset{(III)}{C_6H_5-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-COOH}$$

বৃত্তবৎ সমবর্তিত আলোক রশ্মির (Circularly polarised light) **সাহায্যে অসমমিত সংশ্লেষণ :** *α* অ্যাজাইডো প্রোপিয়োনিক ডাই মিথাইল অ্যামাইড, $CH_3\cdot CH(N_3)\cdot CO\cdot N(CH_3)_2$-কে ডান ঘূর্ণক বৃত্তবৎ সমবর্তিত আলোক রশ্মির প্রভাবে যে বস্তু পাওয়া যায় তা কিছুটা ডান ঘূর্ণক হয়। সেরকম বাম ঘূর্ণক বৃত্তবৎ সমবর্তিত আলোক রশ্মির প্রভাবে যে বস্তু পাওয়া যায় তা বাম ঘূর্ণক হয়।

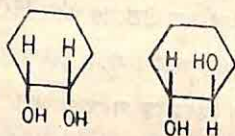
গাছও অসমমিত সংশ্লেষণ করতে পারে। গাছের ক্লোরোফিল সূর্যালোকের উপস্থিতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে সব সময় কেবলমাত্র D(+) গ্লিসারিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। একে পরম অসমমিত সংশ্লেষণ (Absolute asymmetric synthesis) বলে।

জ্যামিতিক বা সিস-ট্রান্স সমাবয়বতাঃ এই শ্রেণীর সমাবয়বতার সবচেয়ে ভালো উদাহরণ হলো ম্যালেইক অ্যাসিড ও ফিউম্যারিক অ্যাসিড। যাদের প্রত্যেকের আণবিক সংকেত $C_4H_4O_4$ হলেও যাদের ভৌত ও কিছু কিছু রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়। এরা কিন্তু আলোক সক্রিয় যৌগ নয়। প্রথমে ম্যালেইক ও ফিউম্যারিক অ্যাসিডদ্বয়কে গঠনগত সমাবয়ব বলে মনে করা হতো। কিন্তু ম্যালেইক ও ফিউম্যারিক অ্যাসিডকে বিজারিত করলে উভয় ক্ষেত্রে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। আবার উভয়েই হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্রোমোসাকসিনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। সুতরাং ম্যালেইক ও ফিউম্যারিক অ্যাসিডদ্বয় গঠনগত সমাবয়ব নয়।

ম্যালেইক ও ফিউম্যারিক অ্যাসিড উভয়ের গঠন HOOC·CH=CH·COOH অর্থাৎ অভিন্ন। কিন্তু পরমাণু ও মূলকের শূন্যে অবস্থান বা বিন্যাসের পার্থক্যের দরুন এই সমাবয়তার উদ্ভব হয়, কারণ দ্বিবন্ধযুক্ত পরমাণুদ্বয়ের স্বাধীনভাবে ঘোরা সম্ভব নয়। দুটি সমচতুষ্ফলককে ধার বরাবর যুক্ত করে ভ্যাণ্ট হফ অলিফিনিক দ্বিবন্ধকে উপস্থাপিত করেন এবং কার্বন কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিবন্ধ থাকায় এই দ্বিবন্ধ বরাবর ঘোরা সম্ভব নয় অর্থাৎ ঘোরার স্বাধীনতা নেই। অতএব এই অলিফিনিক কার্বন পরমাণু দুটিতে সংযুক্ত অন্যান্য মূলক বা পরমাণুর শূন্যে অবস্থান সুনির্দিষ্ট এবং এই মূলক ও পরমাণুগুলি অলিফিনিক কার্বন পরমাণু দুটির সঙ্গে একই তলে অবস্থান করে।

দ্বিবন্ধের একই দিকে অভিন্ন মূলক থাকলে তাকে সিস সমাবয়ব এবং দ্বিবন্ধে দুই

দিকে অভিন্ন মূলক থাকলে তাকে ট্রান্স সমাবয়ব বলে। I নং গঠনে কার্বক্সিল মূলক দুটি দ্বিবন্ধের একই পাশে আছে। অতএব এটি সিস সমাবয়ব এবং II নং গঠনে কার্বক্সিল মূলক দুটি দ্বিবন্ধের দুই দিকে অবস্থান করে। অতএব এটি ট্রান্স সমাবয়ব। $HOOC \cdot CH = CHCO_2H$-এর সিস সমাবয়বে কার্বক্সিল মূলক দুটি একই পাশে এবং কাছে থাকে বলে এটিকে সহজেই অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত করা যায় অর্থাৎ ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত করা যায়। অতএব ম্যালেইক অ্যাসিড হলো সিস সমাবয়ব এবং ফিউম্যারিক অ্যাসিড থেকে সহজে অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত করা যায় না। অতএব ফিউম্যারিক অ্যাসিড হবে ট্রান্স সমাবয়ব।

অলিফিনিক দ্বিবন্ধের জন্য যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে জ্যামিতিক বা সিস-ট্রান্স সমাবয়বতা বলে। অবশ্য সব সময় যে দ্বিবন্ধই থাকতে হবে এমন নয়। তবে অণুর গঠন এমন হবে যে মূলক বা পরমাণুগুলির অবস্থান সুনির্দিষ্ট এবং ঐগুলি স্বাধীনভাবে সবদিকে ঘুরতে পারবে না। সংপৃক্ত বৃত্তাকার যৌগেরও জ্যামিতিক সমাবয়ব হতে পারে।

H H / OH OH — H HO / OH H

সিস সাইক্লো হেক্সেন্ ডাই অল ট্রান্স সাইক্লো হেক্সেন ডাই অল

আবার অলিফিনিক দ্বিবন্ধ থাকলেই জ্যামিতিক সমাবয়ব নাও হতে পারে। যেমন $a_2C = Ca_2$, $a_2C = Cb_2$, $a_2C = Cab$, ইত্যাদি অণুগুলির দুরকম গঠন বিন্যাস সম্ভব নয়। অতএব জ্যামিতিক সমাবয়বতা এদের ক্ষেত্রে সম্ভব নয়। এখানে a ও b মূলক বা পরমাণু বলে ধরতে হবে। যেমন ইথিলিন $CH_2 = CH_2$, প্রোপিলিন $CH_3CH = CH_2$, আইসো বিউটিলিন $(CH_3)_2C = CH_2$ ইত্যাদির জ্যামিতিক সমাবয়তা সম্ভব নয়।

জ্যামিতিক সমাবয়বতার অন্যান্য উদাহরণ

$$\begin{array}{c} H-C-CH_3 \\ \| \\ H-C-CH_3 \end{array}$$

2 বিউটিন (সিস)

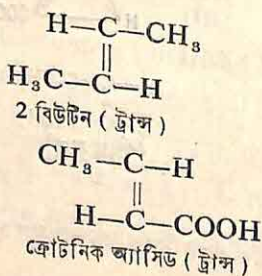
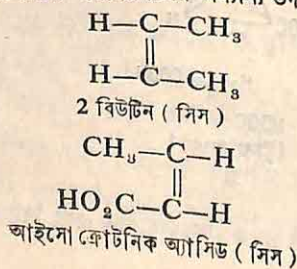
$$\begin{array}{c} H-C-CH_3 \\ \| \\ H_3C-C-H \end{array}$$

2 বিউটিন (ট্রান্স)

$$\begin{array}{c} CH_3-C-H \\ \| \\ HO_2C-C-H \end{array}$$

আইসো ক্রোটনিক অ্যাসিড (সিস)

$$\begin{array}{c} CH_3-C-H \\ \| \\ H-C-COOH \end{array}$$

ক্রোটনিক অ্যাসিড (ট্রান্স)

1. **জ্যামিতিক সমাবয়বের বিন্যাস নির্ণয় ঃ** $HO_2C{\cdot}CH : CHCO_2H$ এই অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক দুটি দ্বিবন্ধের একই পাশে অবস্থিত হলে কার্বক্সিল মূলক দুটির অবস্থান খুব কাছাকাছি এবং এই সমাবয়বকে উত্তপ্ত করলে সহজে এটি অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়। আমরা দেখেছি যে ম্যালেইক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে সহজেই এটি ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়। অতএব ম্যালেইক অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক দুটি দ্বিবন্ধের একই পাশে অবস্থিত। অর্থাৎ ম্যালেইক অ্যাসিড সিস সমাবয়ব। অতএব ফিউম্যারিক অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক দুটি দ্বিবন্ধে দুই দিকে অবস্থিত। সুতরাং এই সমাবয়বটি অ্যানহাইড্রাইড গঠনে সক্ষম নয়। কিন্তু এই অ্যাসিডগুলিকে খুব সাবধানে উত্তপ্ত করা হয়। কারণ, কোন কারণে যদি উত্তাপে একটি সমাবয়ব অন্যটিতে রূপান্তরিত হয় তবে সেক্ষেত্রে বিন্যাস নির্ণয়ে ভুল হতে পারে।

(2) **দ্বিমেরু আঘূর্ণ নির্ণয়ের দ্বারা বিন্যাস নির্ণয় ঃ** দ্বিবন্ধের একই পাশে যদি দুটি মূলক থাকে তবে তার জন্য দ্বিমেরু আঘূর্ণের পরিমাণ যা হবে, মূলক দুটি দ্বিবন্ধের দুই পাশে থাকলে দ্বিমেরু আঘূর্ণের পরিমাণ অনেক কম হবে।

সিস-ট্রান্স সমাবয়বের ধর্ম ঃ সিস সমাবয়বের থেকে ট্রান্স সমাবয়বটি অনেক বেশি স্থায়ী যৌগ হয়। সিস সমাবয়বের গলনাঙ্ক, ঘনত্ব, প্রতিসরাঙ্ক ট্রান্স সমাবয়ব থেকে কম হয়। পক্ষান্তরে দ্বিমেরু আঘূর্ণের পরিমাণ, দ্রাব্যতা, বিযোজন ধ্রুবতা (অ্যাসিড হলে) সিস সমাবয়বটির থেকে ট্রান্স সমাবয়বের কম হবে। উত্তপ্ত করে অস্থায়ী সিস সমাবয়বকে ট্রান্স সমাবয়বে পরিণত করা যায়। ম্যালেইক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করে ফিউমারিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়। ট্রান্সকে সিস সমাবয়বে পরিণত করা অসম্ভব না হলেও বেশ কঠিন। অতি বেগুনী রশ্মির সাহায্যে ট্রান্স সমাবয়বকে কিছুটা সিস সমাবয়বে পরিণত করা যায়। পরে এই সিস-ট্রান্স সমাবয়বগুলি সাম্য অবস্থায় থাকে।

প্রশ্নাবলী

1. ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা কাকে বলে? এই প্রকার সমাবয়বতা কত প্রকার হয় এবং কি কি?
2. টীকা লেখ ঃ (i) আলোক সক্রিয় যৌগ, (ii) সমবর্তিত আলো, (iii) আলোক নিষ্ক্রিয় পদার্থ, (iv) ধ্রুবণ ঘূর্ণাংক, (v) আণবিক ঘূর্ণন, (vi) অসমমিত

কার্বন, (vii) এনান্‌সিয়োমার, (viii) বহিঃস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ, (ix) অন্তঃস্থভাবে ক্ষতিপূরক যৌগ, (x) র‍্যাসিমাইজেশান, (xi) ডায়াস্টিরিও সমাবয়ব, (xii) অসমমিত সংশ্লেষণ।

3. ল্যাকটিক অ্যাসিডের ত্রিমাত্রিক সমাবয়তা সম্বন্ধে যা জান বল।
4. টারটারিক অ্যাসিডের ত্রিমাত্রিক সমাবয়তা সম্বন্ধে যা জান বল।
5. ফিশার অভিক্ষেপ সংকেত সাহায্যে আলোক সক্রিয় যৌগদের কিভাবে প্রকাশ করা হয়?
6. র‍্যাসিমিক মিশ্রণকে কি কি উপায়ে পৃথক করা যায়?
7. ভালডান উৎক্রমণ কি? সবিস্তারে ব্যাখ্যা কর।
8. জ্যামিতির সমাবয়বতা কাকে বলে? জ্যামিতিক সমাবয়বতার কারণ কি?
9. ম্যালেইক ও ফিউম্যারিক অ্যাসিডের সমাবয়বতা বর্ণনা কর।
10. জ্যামিতিক সমাবয়বের বিন্যাস কি কি উপায়ে নির্ণয় করা হয়?

২৩

কার্বোহাইড্রেট সমূহ
Carbohydrates

কার্বোহাইড্রেট হলো গাছপালা ও জীবজন্তুর প্রধান উপাদান এবং এগুলিতে প্রচুর পরিমাণে কার্বোহাইড্রেট পাওয়া যায়। গাছপালা ও জীবজন্তুর শক্তির উৎস এবং ভাণ্ডার হলো এই কার্বোহাইড্রেট। গাছের ভার বহনকারী কোষকলা (Tissue) হলো এই কার্বোহাইড্রেট। গাছ সালোক সংশ্লেষণের মাধ্যমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলকে কার্বোহাইড্রেটে পরিণত করতে পারে। কিন্তু জীবজন্তু কার্বোহাইড্রেট প্রস্তুত করতে পারে না। কার্বোহাইড্রেটের জন্য জীবজন্তুকে এই গাছপালার উপর নির্ভর করতে হয়। আমাদের খাদ্যের প্রধান উপাদান হলো এই কার্বোহাইড্রেট, যেমন—চাল, গম, চিনি, মধু ইত্যাদি। আবার আমাদের পরার কাপড় প্রস্তুতের প্রধানতম উপাদান হলো তুলো, যা কার্বোহাইড্রেটের অন্তর্গত। এছাড়া লেখার কাগজ ও আসবাব পত্তরের জন্য প্রয়োজনীয় কাঁচামালের (যেমন কাঠ, বাঁশ, বেত, খড় ইত্যাদি) বেশির ভাগটা হলো এই কার্বোহাইড্রেট (সেলুলোজ)।

কার্বোহাইড্রেটগুলিকে সাধারণত $C_x(H_2O)_y$ এই সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। আর এতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত জলের অনুপাতে থাকে বলে এদের কার্বনের হাইড্রেট (Hydrates of carbon) বা কার্বোহাইড্রেট বলে। অবশ্য এমন অনেক কার্বোহাইড্রেট আছে যাতে হাইড্রোজেন অক্সিজেন জলের অনুপাতে থাকে না। যেমন মিথাইল পেন্টোজেনগুলি $C_6H_{12}O_5$। আবার $C_x(H_2O)_y$ সংকেত কোন যৌগের হলেই সেটি কার্বোহাইড্রেট নাও হতে পারে। যেমন ফরম্যালডিহাইড (CH_2O), অ্যাসিটিক অ্যাসিড $C_2(H_2O)_2$ ইত্যাদি।

একাধিক হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে কার্বোহাইড্রেট বলে। কিংবা যে যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে একাধিক হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট অ্যালডিহাইড বা কিটোন পাওয়া যায়, তাদেরও কার্বোহাইড্রেট বলে।

নামকরণ : কার্বোহাইড্রেটের নামের শেষে ওজ (ose) থাকে। কার্বো-হাইড্রেটে অ্যালডিহাইড মূলক থাকলে তাদের অ্যালডোজ (Aldose) এবং কিটোন মূলক থাকলে তাদের কিটোজ (Ketose) বলে। কার্বোহাইড্রেটে অবস্থিত অক্সিজেন

পরমাণুর সংখ্যা সাধারণত গ্রীক নামে বলা হয়ে থাকে। যেমন, গ্লুকোজে $C_6H_{12}O_6$ অণুতে একটি অ্যালডিহাইড মূলক এবং ছয়টি অক্সিজেন পরমাণু থাকায় একে অ্যালডোহেক্সোজ (Aldohexose) বলে। সেরকম ফ্রুকটোজকে কিটোহেক্সোজ (Ketohexose) বলে। এছাড়া ইক্ষু শর্করাকে সুক্রোজ (Sucrose), দুগ্ধ শর্করাকে ল্যাকটোজ (Lactose) ইত্যাদি বলে।

শ্রেণীবিভাগ ঃ কার্বোহাইড্রেটকে প্রধানত দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। যেমন শর্করা (Sugar) এবং অশর্করা (Non-sugar)।

শর্করাগুলি মিষ্টি স্বাদ যুক্ত কেলাসাকার পদার্থ, আর জলে দ্রাব্য। যাদের আণবিক গুরুত্ব সুনির্দিষ্ট।

অশর্করাগুলি অনিয়তাকার পদার্থ, জলে সাধারণত অদ্রাব্য, স্বাদ মিষ্টি নয়। জলে অনেক সময় কোলয়ডাল দ্রবণ প্রস্তুত করে। এদের আণবিক গুরুত্ব খুবই বেশি এবং একই পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বিভিন্ন রকম হতে পারে। ফলে এদের আকার বিভিন্ন ধরনের হতে পারে। অশর্করাগুলিকে পলিস্যাকারাইড (Polysaccharides) বলে। কারণ এক অণু অশর্করা যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে অনেক অণু মনোস্যাকারাইড পাওয়া যায়। এদের আণবিক সংকেত $(C_6H_{10}O_5)_n$। যেখানে n-এর মান সংখ্যা খুব বেশি যেমন $n = 50,000$ বা $1,00,000$ বা তারও বেশি। পলিস্যাকারাইডের উদাহরণ হলো সেলুলোজ, স্টার্চ ইত্যাদি। এছাড়া পেন্টোজান $(C_5H_8O_4)_n$ নামে আর এক প্রকার পলিস্যাকারাইড আছে।

শর্করাকে আবার দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—যেমন মনোস্যাকারাইড এবং অলিগোস্যাকারাইড (Oligosaccharides)। অলিগোস্যাকরাইডকে আবার ডাই, ট্রাই, টেট্রাস্যাকারাইডে ভাগ করা যায়।

যে শর্করাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে অধিকতর সরল কার্বোহাইড্রেট অণুতে পরিণত করা যায় না, তাদের মনোস্যাকারাইড বলে। মনোস্যাকারাইডের সাধারণ সংকেত হলো $C_nH_{2n}O_n$। উদাহরণ হলো গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ ইত্যাদি।

যে শর্করার একটি অণুকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে দুই অণু মনোস্যাকারাইড পাওয়া যায় তাকে ডাইস্যাকারাইড বলে। এই শ্রেণীর সংকেত হলো $C_{12}H_{22}O_{11}$ এবং উদাহরণ ইক্ষু শর্করা, ল্যাকটোজ ইত্যাদি।

সেই রকম ট্রাইস্যাকারাইডের একটি অণুকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে তিন অণু মনোস্যাকারাইড এবং টেট্রাস্যাকারাইড থেকে চার অণু মনোস্যাকারাইড পাওয়া যায়। ট্রাইস্যাকারাইডের সংকেত $C_{18}H_{32}O_{16}$ এবং উদাহরণ র‍্যাফিনোজ (Raffinose)।

টেট্রাস্যাকারাইডের সংকেত $C_{24}H_{42}O_{21}$ এবং উদাহরণ স্টাকিয়োজ (Stachyose)।

মনোস্যাকারাইড

মনোস্যাকারাইডগুলিকে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যার ভিত্তিতে বায়োজ (Biose), ট্রাইয়োজ (Triose), টেট্রোজ (Tetrose) ইত্যাদিতে ভাগ করা হয়। সরলতম মনোস্যাকারাইড হলো গ্লাইকোল্যালডিহাইড $CH_2OH \cdot CHO$ (বায়োজ)। এই গ্লাইকোল্যালডিহাইডে কোন অসমমিত কার্বন পরমাণু নেই। পক্ষান্তরে প্রকৃতি থেকে পাওয়া যে কোন শর্করায় অসমমিত কার্বন পরমাণু থাকে। ফলে এরা আলোক সক্রিয় যৌগ। আর এর জন্য গ্লাইকোল্যালডিহাইডকে শর্করা সাধারণত বলা হয় না।

একাধিক হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট অ্যালডিহাইড বা কিটোন কিংবা যে যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে একাধিক হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট অ্যালডিহাইড বা কিটোন পাওয়া যায়, তাদের শর্করা বলে। এবং শর্করা মাত্রই আলোক সক্রিয় হবে।

পাঁচ ও ছয় কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট মনোস্যাকারাইডগুলিকে মুক্ত অবস্থায় অথবা যুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। এছাড়া অন্যান্য মনোস্যাকারাইডগুলিকে কৃত্রিম উপায়ে সংশ্লেষণের দ্বারা প্রস্তুত করা হয়।

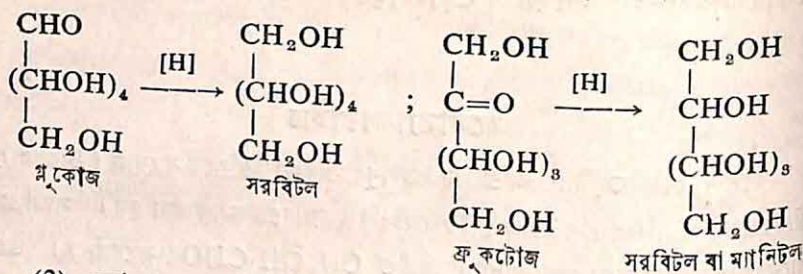
মনোস্যাকারাইডের মধ্যে সবচেয়ে পরিচিত এবং প্রয়োজনীয় যৌগ হলো গ্লুকোজ, যা ফুলের মধুতে এবং ফলের রসে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। এছাড়া যুক্ত অবস্থায় গ্লুকোজকে ইক্ষু শর্করায়, মলটোজে, সেলুলোজে, শ্বেতসারে পাওয়া যায়। গ্লুকোজ ডান ঘূর্ণক যৌগ বলে অনেক সময় একে ডেকস্ট্রোজ (Dextrose) বলে। গ্লুকোজ হলো অ্যালডোহেক্সোজ। ফ্রুকটোজ হলো মনোস্যাকারাইড যা গ্লুকোজের সঙ্গে ফুলের মধুতে এবং ফলের রসে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। যুক্ত অবস্থায় ইক্ষু শর্করায় পাওয়া যায়। এটিও আলোক-সক্রিয় পদার্থ এবং বাম ঘূর্ণক। সেইজন্য একে অনেক সময় লিভুলোজ (Laevulose) বলে। এটি কিটোহেক্সোজ।

মনোস্যাকারাইডের বিক্রিয়াসমূহ ঃ অ্যালডোজ ও কিটোজের রাসায়নিক ধর্ম যথাক্রমে অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মত হলেও কিছু কিছু পার্থক্য অনেক সময় লক্ষ্য করা যায়। অ্যালডোজ ও কিটোজে কার্বনিল মূলক থাকায় তাদের রাসায়নিক ধর্মের অনেক মিল আছে।

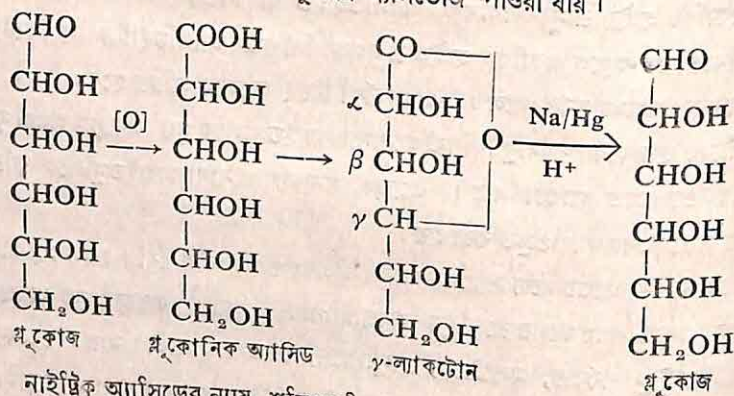
(I) **বিজারণ ঃ** অ্যালডোজ ও কিটোজকে সোডিয়াম কোহলের সাহায্যে বিজারিত করলে একাধিক হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট কোহল পাওয়া যায়।

নিকেলের উপস্থিতিতে উচ্চচাপে হাইড্রোজেনের সাহায্যেও এই বিজারণ করা সম্ভব।

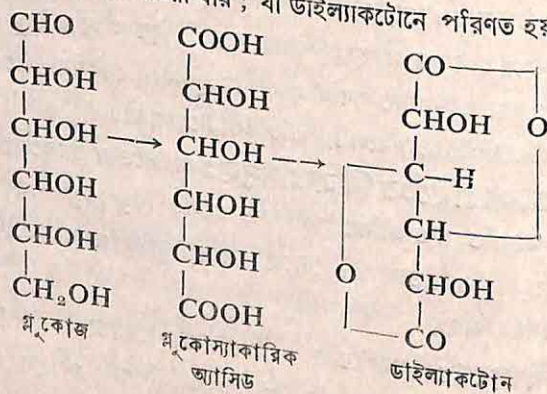
$$\begin{array}{c} CHO \\ | \\ (CHOH)_4 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{[H]} \begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ (CHOH)_4 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \; ; \; \begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ C{=}O \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{[H]} \begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

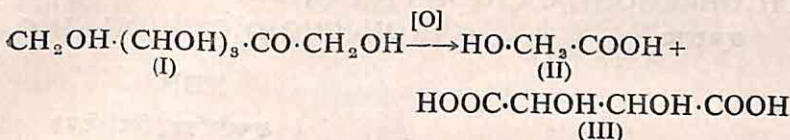
গ্লুকোজ → সরবিটল ; ফ্রুকটোজ → সরবিটল বা ম্যানিটল

(2) **জারণঃ** ব্রোমিন জলের সাহায্যে অ্যালডোজকে জারিত করলে অ্যালডোনিক (Aldonic) অ্যাসিড পাওয়া যায়। যাকে উত্তপ্ত করলে সহজেই γ ল্যাকটোনে পরিণত করা যায়। অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সোডিয়াম/Hg সাহায্যে γ-ল্যাকটোনকে বিজারিত করলে পুনরায় অ্যালডোজ পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{c} CHO \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{[O]} \begin{array}{c} COOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CO\text{—}\,\urcorner \\ \alpha\; CHOH \;\; | \\ \beta\; CHOH \;\; O \\ \gamma\; CH\text{—}\,\lrcorner \\ \quad CHOH \\ \quad CH_2OH \end{array} \xrightarrow[H^+]{Na/Hg} \begin{array}{c} CHO \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

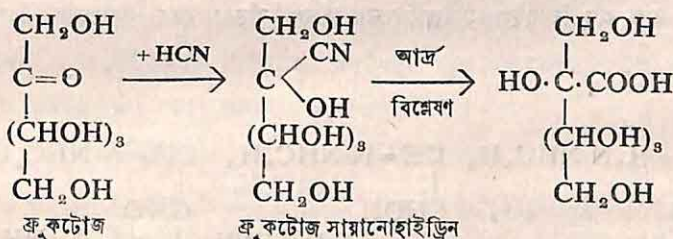
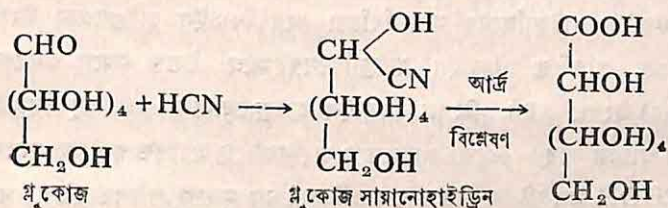
গ্লুকোজ → গ্লুকোনিক অ্যাসিড → γ-ল্যাকটোন → গ্লুকোজ

নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় শক্তিশালী জারক দ্রব্যের সাহায্যে অ্যালডোজকে জারিত করলে দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড পাওয়া যায় ; যা ডাইল্যাকটোনে পরিণত হয়।

$$\begin{array}{c} CHO \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} COOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ COOH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} \quad CO\text{—}\,\urcorner \\ \quad CHOH \;\; O \\ \ulcorner\, C\text{—}H \;\; | \\ | \quad CH\text{—}\,\lrcorner \\ O \;\; CHOH \\ \llcorner\, CO \end{array}$$

গ্লুকোজ → গ্লুকোস্যাকারিক অ্যাসিড → ডাইল্যাকটোন

মৃদু জারক দ্রব্য যেমন ব্রোমিন জল দিয়ে কিটোজকে জারিত করা যায় না। আবার শক্তিশালী জারক দ্রব্য প্রয়োগে কিটোজের কার্বন শৃঙ্খল ভেঙ্গে যায়। ফ্রুকটোজকে (I) নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে কার্বন শৃঙ্খল ভেঙ্গে গিয়ে গ্লাইকোলিক অ্যাসিড (II) ও টারটারিক অ্যাসিডে (III) পরিণত হয়।

$$\underset{\text{(I)}}{CH_2OH{\cdot}(CHOH)_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{(II)}}{HO{\cdot}CH_2{\cdot}COOH} + \underset{\text{(III)}}{HOOC{\cdot}CHOH{\cdot}CHOH{\cdot}COOH}$$

(3) **সায়ানোহাইড্রিন ঃ** অ্যালডোজ এবং কিটোজগুলি এক অণু হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{\begin{array}{c} CHO \\ | \\ (CHOH)_4 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} + HCN \longrightarrow \underset{\text{গ্লুকোজ সায়ানোহাইড্রিন}}{\begin{array}{c} CH\begin{smallmatrix} OH \\ CN \end{smallmatrix} \\ | \\ (CHOH)_4 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \xrightarrow[\text{বিশ্লেষণ}]{\text{আর্দ্র}} \begin{array}{c} COOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ (CHOH)_4 \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

$$\underset{\text{ফ্রুকটোজ}}{\begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ C{=}O \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \xrightarrow{+HCN} \underset{\text{ফ্রুকটোজ সায়ানোহাইড্রিন}}{\begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ C\begin{smallmatrix} CN \\ OH \end{smallmatrix} \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \xrightarrow[\text{বিশ্লেষণ}]{\text{আর্দ্র}} \begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ HO{\cdot}C{\cdot}COOH \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

অ্যালডোজ থেকে পাওয়া সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে সরল শৃঙ্খলবিশিষ্ট অ্যালডোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, যাতে অ্যালডোজ থেকে একটা কার্বন পরমাণু বেশি থাকে।

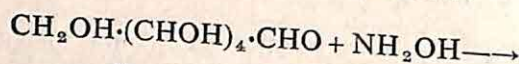
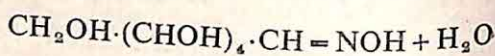
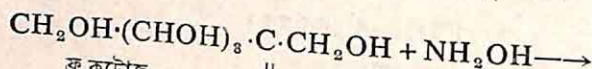
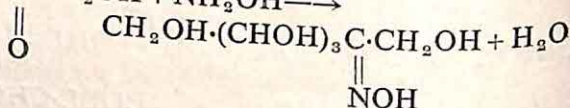
কিটোজ থেকে পাওয়া সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে শাখাবিশিষ্ট হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়, যাতে কিটোজ থেকে একটা কার্বন পরমাণু বেশি থাকে।

(4) **অক্সিম ঃ** অ্যালডোজ বা কিটোজগুলি হাইড্রক্সিল্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় জলের অণুবিযুক্ত করে অক্সিমে পরিণত হয়। অ্যালডোজ থেকে পাওয়া অক্সিমকে অ্যালডক্সিম (Aldoxime) এবং কিটোন থেকে পাওয়া অক্সিমকে কিটোক্সিম (Ketoxime) বলে।

$$CH_2OH{\cdot}(CHOH)_4{\cdot}CHO + NH_2OH \longrightarrow CH_2OH{\cdot}(CHOH)_4{\cdot}CH{=}NOH + H_2O$$

গ্লুকোজ → গ্লুকোক্সিম (অ্যালডক্সিম)

$$CH_2OH{\cdot}(CHOH)_3{\cdot}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{\cdot}CH_2OH + NH_2OH \longrightarrow CH_2OH{\cdot}(CHOH)_3\underset{\underset{NOH}{\|}}{C}{\cdot}CH_2OH + H_2O$$

ফ্রুকটোজ → ফ্রুকটোক্সিম (কিটোক্সিম)

(5) **ওসাজোন :** অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণে অ্যালডোজ এবং কিটোজগুলি এক অণু ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফিনাইল হাইড্রাজোন উৎপন্ন করে। কিন্তু অতিরিক্ত ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ওসাজোন (Osazone) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ফিনাইল হাইড্রাজোনকে এক অণু ফিনাইল হাইড্রাজিন জারিত করে। এতে অ্যালডোজ বা কিটোজে অবস্থিত কার্বনিল মূলকের সংলগ্ন CHOH মূলকটি জারিত করলে এটি কার্বনিল মূলকে পরিণত হয়। পরে যা আর এক অণু ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ওসাজোন উৎপন্ন করে।

$$\begin{array}{l} CHO \\ | \\ CHOH \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + H_2N{\cdot}NHC_6H_5 \xrightarrow{-H_2O} \begin{array}{l} CH{=}N{\cdot}NHC_6H_5 \\ | \\ CHOH \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{C_6H_5NHNH_2} \begin{array}{l} CH{=}N{\cdot}NHC_6H_5 \\ | \\ C{=}O \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + C_6H_5NH_2 + NH_3.$$

গ্লুকোজ → গ্লুকোজ ফিনাইল হাইড্রাজোন

$$\xrightarrow{C_6H_5NH{\cdot}NH_2} \begin{array}{l} CH{=}N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5 \\ | \\ C{=}N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5 \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + H_2O$$

গ্লুকোসাজোন

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ C=O + H_2N{\cdot}NHC_6H_5 \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow[-H_2O]{} \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ C=N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5 \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow[C_6H_5NHNH_2]{} \begin{array}{l} CHO \\ | \\ C=NNHC_6H_5 \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \\ +C_6H_5NH_2 \\ +NH_3 \end{array}$$

ফ্রুকটোজ — ফ্রুকটোজ ফিনাইল হাইড্রাজোন

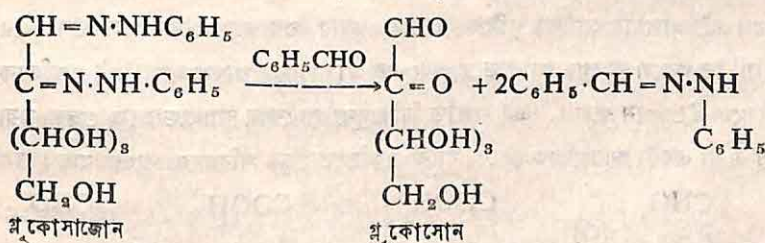
$$\xrightarrow{C_6H_5NH{\cdot}NH_2} \begin{array}{l} CH=N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5 \\ | \\ C=N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5 \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + H_2O$$

গ্লুকোসাজোন

গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজ থেকে পাওয়া ওসাজোন দুটি অভিন্ন যৌগ। সুতরাং গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজ অণুর C_3 থেকে C_5 পর্যন্ত অংশের গঠন বিন্যাস অভিন্ন। অর্থাৎ গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজ অণুর মধ্যে পার্থক্য শুধু C_1 এবং C_2-তে।

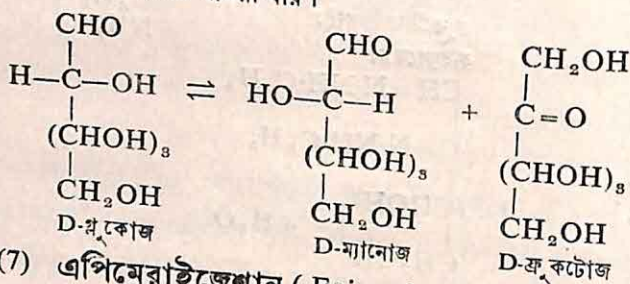
শক্তিশালী অ্যাসিড বা বেনজ্যালডিহাইডের সাহায্যে ওসাজোনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করা যায়। এতে ফিনাইল হাইড্রাজিন অণু বিযুক্ত হয়ে ওসাজোনটি ডাই-কার্বনিল যৌগে পরিণত হয়। একে ওসোন (Osone) বলে।

$$\begin{array}{l} CH=N{\cdot}NHC_6H_5 \\ | \\ C=N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5 \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{C_6H_5CHO} \begin{array}{l} CHO \\ | \\ C=O \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} + 2C_6H_5{\cdot}CH=N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5$$

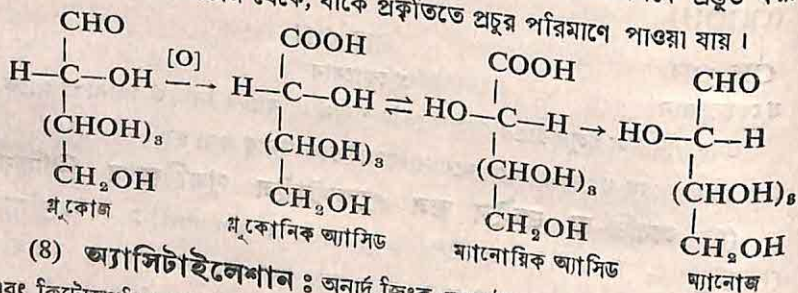
গ্লুকোসাজোন — গ্লুকোসোন

ওসাজোনগুলি হলুদ রঙের কেলাসাকার পদার্থ। যাদের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক থাকে। আর ওসাজোনের গলনাঙ্ক দিয়ে মনোস্যাকারাইডকে সনাক্ত করা হয়।

(6) **লবরি ড্য ব্রুইন ভন একেস্টাইন পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া** (Lobry de Bruyn von Ekestein rearrangement)ঃ শর্করাগুলিকে ঘন ক্ষার দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে প্রথমে হলুদ হয়ে যায় এবং পরে রজনের মত হয়ে পড়ে। কিন্তু লঘু ক্ষার দ্রবণের বা অ্যামিনের উপস্থিতিতে শর্করাগুলির গঠনবিন্যাস পুনর্বিন্যাসিত হয়ে সমাবয়ব শর্করা মিশ্রণে পরিণত হয়। এই পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়াকে

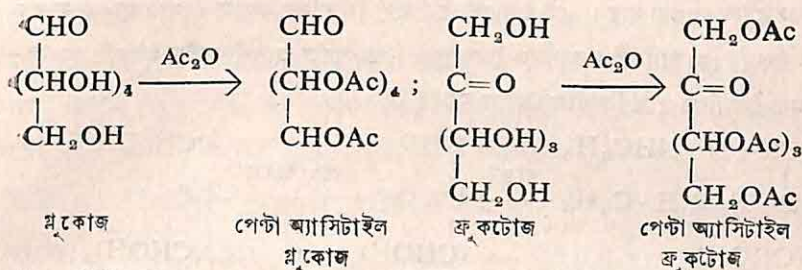
লবরি দ্য ব্রুইন ভন একেস্টাইন পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া বলে। D-গ্লুকোজকে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে সমাবয়ব শর্করা D-ম্যানোজ (Mannose) এবং D-ফ্রুকটোজে পরিণত হয় এবং তিনটি শর্করা দ্রবণে সাম্য অবস্থায় থাকে। তাই D-ম্যানোজ বা D-ফ্রুকটোজ যে কোন একটিকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে অপর দুটি শর্করা পাওয়া যায়।

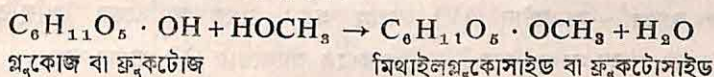
$$\underset{\text{D-গ্লুকোজ}}{\begin{array}{c} CHO \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \rightleftharpoons \underset{\text{D-ম্যানোজ}}{\begin{array}{c} CHO \\ | \\ HO-C-H \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} + \underset{\text{D-ফ্রুকটোজ}}{\begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ C=O \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}}$$

(7) **এপিমেরাইজেশান** (Epimerization) ঃ যে সকল অ্যালডোজের C_2 ছাড়া আর অন্য কার্বন পরমাণুর গঠন বিন্যাস অভিন্ন, তাদের এপিমার (Epimer) বলে। যেমন D-গ্লুকোজ এবং D-ম্যানোজ দুটি এপিমার।

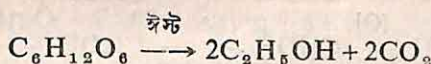
পিরিডিন বা কুইনোলিনের উপস্থিতিতে কোন অ্যালডোনিক অ্যাসিডকে (অ্যালডোজকে জারিত করলে যে অ্যাসিড পাওয়া যায়) 140°-150°C-এ উত্তপ্ত করলে C_2 কার্বন পরমাণুতে অবস্থিত H ও OH-এর মধ্যে আংশিক স্থান বিনিময় হয়। ফলে আগের অ্যালডোনিক অ্যাসিড তার এপিমার অ্যাসিডের সঙ্গে সাম্য অবস্থায় থাকে। এখন এই এপিমার অ্যাসিড দুটিকে আলাদা করার পর ল্যাকটোনে পরিবর্তন করে বিজারিত করলে আগের অ্যালডোজ এবং এর এপিমারকে পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিকে এপিমেরাইজেশান বলে। এই পদ্ধতি দিয়ে দুষ্প্রাপ্য কোন অ্যালডোজকে প্রস্তুত করা যায় এমন একটা অ্যালডোজ থেকে, যাকে প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{\begin{array}{c} CHO \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{গ্লুকোনিক অ্যাসিড}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \rightleftharpoons \underset{\text{ম্যানোয়িক অ্যাসিড}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ HO-C-H \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \rightarrow \underset{\text{ম্যানোজ}}{\begin{array}{c} CHO \\ | \\ HO-C-H \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}}$$

(8) **অ্যাসিটাইলেশান** ঃ অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যালডোজ এবং কিটোজগুলি অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করে। প্রতি ক্ষেত্রেই অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হবে।

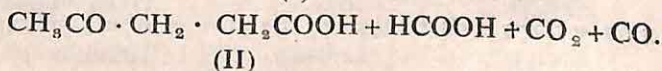
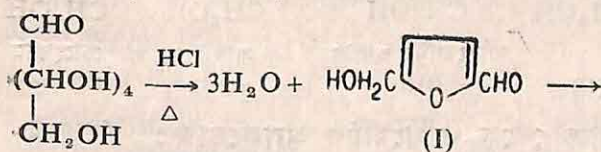
$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{\begin{array}{l}CHO\\ |\\ (CHOH)_4\\ |\\ CH_2OH\end{array}} \xrightarrow{Ac_2O} \underset{\text{পেণ্টা অ্যাসিটাইল গ্লুকোজ}}{\begin{array}{l}CHO\\ |\\ (CHOAc)_4\\ |\\ CHOAc\end{array}} ; \quad \underset{\text{ফ্রুকটোজ}}{\begin{array}{l}CH_2OH\\ |\\ C=O\\ |\\ (CHOH)_3\\ |\\ CH_2OH\end{array}} \xrightarrow{Ac_2O} \underset{\text{পেণ্টা অ্যাসিটাইল ফ্রুকটোজ}}{\begin{array}{l}CH_2OAc\\ |\\ C=O\\ |\\ (CHOAc)_3\\ |\\ CH_2OAc\end{array}}$$

$Ae=CH_3 \cdot CO$

(9) **গ্লুকোসাইড (Glucoside) :** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (গ্যাস) উপস্থিতিতে গ্লুকোজ বা ফ্রুকটোজ মিথানলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথাইল ইথার উৎপন্ন করে, যাকে গ্লুকোসাইড বলে। গ্লুকোজ থেকে উৎপন্ন মিথাইল ইথারকে মিথাইল গ্লুকোসাইড এবং ফ্রুকটোজ থেকে উৎপন্ন মিথাইল ইথারকে মিথাইল ফ্রুকটোসাইড বলে। (এদের আলোচনা পরে থাকবে)।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ বা ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{11}O_5 \cdot OH} + HOCH_3 \rightarrow \underset{\text{মিথাইলগ্লুকোসাইড বা ফ্রুকটোসাইড}}{C_6H_{11}O_5 \cdot OCH_3} + H_2O$$

(10) **সন্ধান বিক্রিয়া :** D-গ্লুকোজ, D-ফ্রুকটোজ, D-ম্যানোজ এবং D-গ্যালাকটোজকে ঈস্ট দিয়ে সন্ধান বিক্রিয়া করান যায়।

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ঈস্ট}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

(11) অ্যালডোহেক্সোজকে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে প্রথমে হাইড্রক্সিমিথাইল ফুরফুরাল (I) উৎপন্ন হয়, পরে যা ভেঙ্গে গিয়ে লিভুলিক অ্যাসিড (II) ও অন্যান্য বস্তু উৎপন্ন হয়।

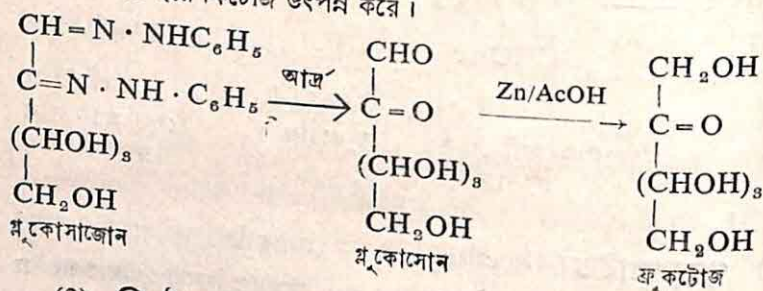
$$\begin{array}{l}CHO\\ |\\ (CHOH)_4\\ |\\ CH_2OH\end{array} \xrightarrow[\triangle]{HCl} 3H_2O + \underset{(I)}{HOH_2C\text{-}\overset{}{\underset{O}{\square}}\text{-}CHO} \longrightarrow$$

$$\underset{(II)}{CH_3CO \cdot CH_2 \cdot CH_2COOH} + HCOOH + CO_2 + CO.$$

কোন একটি মনোস্যাকারাইডকে অপর মনোস্যাকারাইডে পরিবর্তন

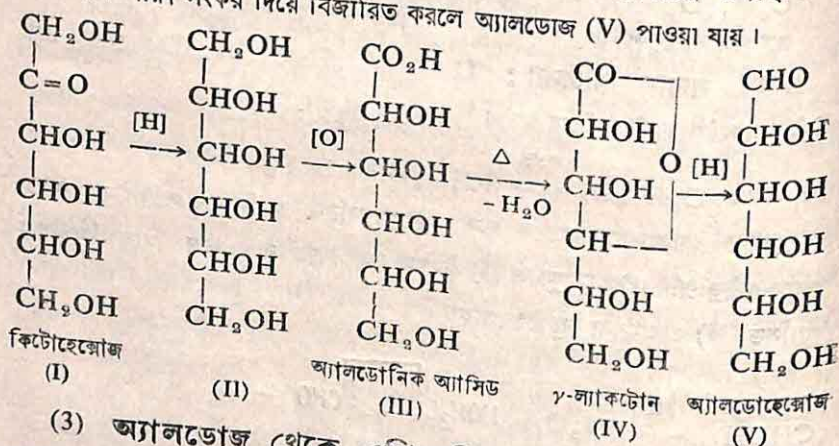
(1) **অ্যালডোজ থেকে কিটোজে পরিবর্তন :** অ্যাসিটিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অতিরিক্ত ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে অ্যালডোজকে উত্তপ্ত করলে

ওসাজোন পাওয়া যায়। এই ওসাজোনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ওসোন পাওয়া যায়। যাকে জিংক অ্যাসিটিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে অ্যালডিহাইড মূলকটি কেবল-মাত্র বিজারিত হয়ে কিটোজ উৎপন্ন করে।

$$\begin{array}{l} CH{=}N\cdot NHC_6H_5 \\ | \\ C{=}N\cdot NH\cdot C_6H_5 \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{\text{আর্দ্র}} \begin{array}{l} CHO \\ | \\ C{=}O \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{Zn/AcOH} \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ C{=}O \\ | \\ (CHOH)_3 \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

গ্লুকোসাজোন — গ্লুকোসোন — ফ্রুকটোজ

(2) **কিটোজ থেকে অ্যালডোজ:** কিটোজকে (I) বিজারিত করলে বহু হাইড্রিক বা পলিহাইড্রিক (Polyhydric) কোহল (II) পাওয়া যায়। যাকে জারিত করলে অ্যালডোনিক অ্যাসিড (III) পাওয়া যায়। অ্যালডোনিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে γ-ল্যাকটোন (IV) উৎপন্ন হয়। যাকে অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সোডিয়াম পারদ সংকর দিয়ে বিজারিত করলে অ্যালডোজ (V) পাওয়া যায়।

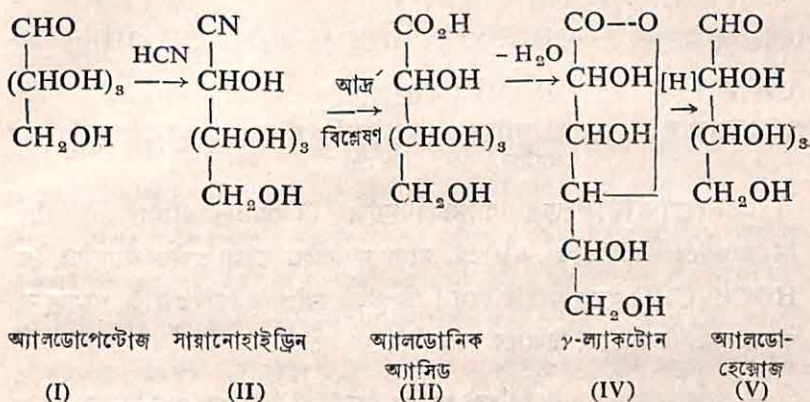
$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ C{=}O \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{[H]} \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{[O]} \begin{array}{l} CO_2H \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow[-H_2O]{\Delta} \begin{array}{l} CO\text{——}\rceil \\ | \qquad\quad | \\ CHOH \quad O \\ | \qquad\quad | \\ CHOH \quad | \\ | \qquad\quad | \\ CH\text{——}\rfloor \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{[H]} \begin{array}{l} CHO \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

কিটোহেক্সোজ (I) — (II) — অ্যালডোনিক অ্যাসিড (III) — γ-ল্যাকটোন (IV) — অ্যালডোহেক্সোজ (V)

(3) **অ্যালডোজ থেকে এপিমেরিক অ্যালডোজ:** এপিমেরাই-জেশান পদ্ধতিতে একটি অ্যালডোজকে এর এপিমারে পরিণত করা যায়। (আগে বলা হয়েছে।)

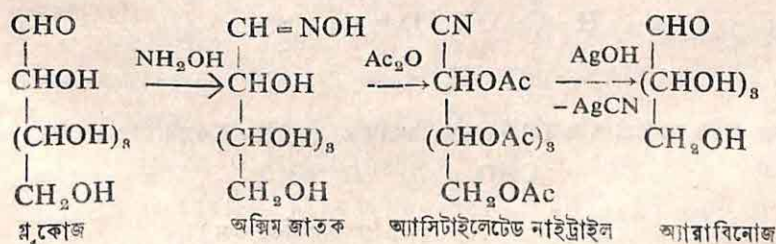
(4) **নিম্নতর অ্যালডোজ থেকে উচ্চতর অ্যালডোজ বা অ্যাল-ডোজ শ্রেণীর আরোহণ:** কোন একটি অ্যালডোজকে (I) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সায়ানোহাইড্রিন (II) উৎপন্ন হয়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে পরবর্তী অ্যালডোনিক অ্যাসিড (III) (যাতে বিক্রিয়ক অ্যালডোজের থেকে

একটি কার্বন বেশি থাকে) পাওয়া যায়। এই অ্যালডোনিক অ্যাসিডকে γ-ল্যাকটোনে (IV) পরিবর্তন করে অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সোডিয়াম পারদ সংকর দিয়ে বিজারিত করলে পরবর্তী অ্যালডোজ (V) অর্থাৎ উচ্চতর অ্যালডোজ পাওয়া যায়। এই সংশ্লেষণকে কিলিয়ানি ফিশার সংশ্লেষণ (Kiliani Fischer synthesis) বলে।

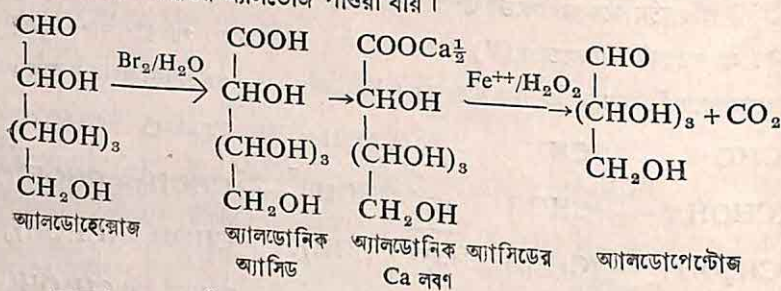
$$
\begin{array}{ccccccccc}
CHO & & CN & & CO_2H & & CO\text{--}O & & CHO \\
| & \xrightarrow{HCN} & | & & | & \xrightarrow{-H_2O} & | & \xrightarrow{[H]} & | \\
(CHOH)_3 & & CHOH & \xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}} & CHOH & & CHOH & & CHOH \\
| & & | & & | & & | & & | \\
CH_2OH & & (CHOH)_3 & & (CHOH)_3 & & CHOH & & (CHOH)_3 \\
 & & | & & | & & | & & | \\
 & & CH_2OH & & CH_2OH & & CH\text{—} & & CH_2OH \\
 & & & & & & | & & \\
 & & & & & & CHOH & & \\
 & & & & & & | & & \\
 & & & & & & CH_2OH & &
\end{array}
$$

অ্যালডোপেন্টোজ (I) সায়ানোহাইড্রিন (II) অ্যালডোনিক অ্যাসিড (III) γ-ল্যাকটোন (IV) অ্যালডো-হেক্সোজ (V)

(5) **উচ্চতর অ্যালডোজ থেকে নিম্নতম অ্যালডোজ বা অ্যাল-ডোজ শ্রেণীর অবরোহণ:** অ্যানডোজের সঙ্গে হাইড্রক্সিল্যামিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যালডক্সিমকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে জল বিযুক্ত হয়ে নাইট্রাইল মূলকে পরিবর্তিত হয় এবং অন্যান্য হাইড্রক্সিল মূলকগুলির অ্যাসিটাইলেশান হয়। এই অ্যাসিটাইলেটেড নাইট্রাইল যৌগটিকে সিলভার হাইড্রক্সাইড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ডিঅ্যাসিটাইলেশান হয় এবং নাইট্রাইল মূলকটি AgCN হিসেবে অপসারিত হয়। ফলে নিম্নতর অ্যালডোজে পরিণত হয়। এই পদ্ধতিটিকে ভোহ্‌লের পদ্ধতি (Wohl's method) বলে।

$$
\begin{array}{ccccccc}
CHO & & CH=NOH & & CN & & CHO \\
| & \xrightarrow{NH_2OH} & | & \xrightarrow{Ac_2O} & | & \xrightarrow[-AgCN]{AgOH} & | \\
CHOH & & CHOH & & CHOAc & & (CHOH)_3 \\
| & & | & & | & & | \\
(CHOH)_3 & & (CHOH)_3 & & (CHOAc)_3 & & CH_2OH \\
| & & | & & | & & \\
CH_2OH & & CH_2OH & & CH_2OAc & &
\end{array}
$$

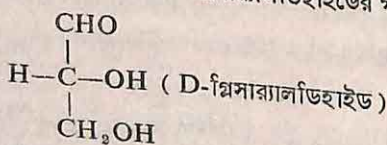
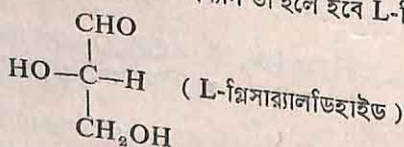
গ্লুকোজ অক্সিম জাতক অ্যাসিটাইলেটেড নাইট্রাইল অ্যারাবিনোজ

রাফের পদ্ধতি (Ruff's method): ব্রোমিন জল দিয়ে অ্যালডোজকে অ্যালডোনিক অ্যাসিডে পরিবর্তন করার পর, অ্যালডোনিক অ্যাসিডটিকে ক্যালসিয়াম

লবণে পরিণত করা হয়। পরে এই ক্যালসিয়াম লবণকে ফেনটন বিকারক দিয়ে বিক্রিয়া করালে নিম্নতর অ্যালডোজ পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{অ্যালডোহেক্সোজ}}{\begin{array}{c}CHO\\|\\CHOH\\|\\(CHOH)_3\\|\\CH_2OH\end{array}} \xrightarrow{Br_2/H_2O} \underset{\text{অ্যালডোনিক অ্যাসিড}}{\begin{array}{c}COOH\\|\\CHOH\\|\\(CHOH)_3\\|\\CH_2OH\end{array}} \rightarrow \underset{\text{অ্যালডোনিক অ্যাসিডের Ca লবণ}}{\begin{array}{c}COOCa_{\frac{1}{2}}\\|\\CHOH\\|\\(CHOH)_3\\|\\CH_2OH\end{array}} \xrightarrow{Fe^{++}/H_2O_2} \underset{\text{অ্যালডোপেন্টোজ}}{\begin{array}{c}CHO\\|\\(CHOH)_3\\|\\CH_2OH\end{array}} + CO_2$$

মনোস্যাকারাইডের গঠন বিন্যাস (Configuration of the Monosaccharides)ঃ সরলতম মনোস্যাকারাইড হলো গ্লাইকোল্যালডিহাইড $HOCH_2CHO$ যাকে বায়োজ বলে। কিন্তু এই যৌগে অসমমিত কার্বন পরমাণু না থাকায় আলোক সক্রিয় (ত্রিমাত্রিক) সমাবয়ব দেয় না।

অসমমিত কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট মনোস্যাকারাইডের ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাস প্রকাশ করার জন্য ফিশারের অভিক্ষেপ সংকেতের (Fischer's Projection formula) সাহায্য নেওয়া হয় এবং এর সাহায্যে রোজানফ (Rozanoff) মনোস্যাকারাইডগুলির ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাস প্রকাশ করেন। গ্লিসার্যালডিহাইড অণুতে একটি অসমমিত কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং এটির ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাস দু রকম হতে পারে। এটির গঠন বিন্যাস হবে অপরটির আয়নার প্রতিচ্ছবি, কিন্তু একটি গঠন অপরটির গঠনের উপর অঙ্গাঙ্গী উপরিপাত হবে না। একটি গঠন যদি ডান ঘূর্ণক বা (+) হয় তবে অপরটি হবে বাম ঘূর্ণক বা (−)। রোজানফ D গ্লিসার্যালডিহাইডের গঠন বিন্যাস ধরে নেন

$$\begin{array}{c}CHO\\|\\H-C-OH\\|\\CH_2OH\end{array} \quad (\text{D-গ্লিসার্যালডিহাইড})$$

এবং এটির আয়নার প্রতিচ্ছবিটির গঠন বিন্যাস তা হলে হবে L-গ্লিসার্যালডিহাইড

$$\begin{array}{c}CHO\\|\\HO-C-H\\|\\CH_2OH\end{array} \quad (\text{L-গ্লিসার্যালডিহাইড})$$

D এবং L এখানে ডান ঘূর্ণক এবং বাম ঘূর্ণক বোঝায় না। পক্ষান্তরে CH_2OH-এর

পরিপ্রেক্ষিতে তার উপরের কার্বনে সংযুক্ত OH মূলকের অবস্থান সূচীত করে। তাই

যে কোন যৌগ যাতে

$$\begin{array}{c} | \\ H-C-OH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

এই রকম বিন্যাস থাকবে তাদের D শ্রেণীয় যৌগ বলে এবং যাতে বিন্যাসটি

$$\begin{array}{c} | \\ HO-C-H \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

এই রকম থাকবে, তাদের L শ্রেণীর যৌগ বলে। D শ্রেণীর যৌগ বাম ঘূর্ণক বা ডান ঘূর্ণক হতে পারে। তেমন L শ্রেণীর যৌগও ডান ঘূর্ণক বা বাম ঘূর্ণক হতে পারে। যেমন D-ফ্রুকটোজ বামঘূর্ণক বা (−) যৌগ। আবার D-গ্লুকোজ ডান ঘূর্ণক বা (+) যৌগ। D শ্রেণীর যে কোন যৌগের আয়নার প্রতিচ্ছবি যৌগটি হবে L শ্রেণীর যৌগ। কোন একটি যৌগ যদি বাম ঘূর্ণক হয় তবে তার আয়নার প্রতিচ্ছবি যৌগটি হবে ডান ঘূর্ণক। সুতরাং D (−) ফ্রুকটোজের আয়নার প্রতিচ্ছবি হবে L (+) ফ্রুকটোজ। সেই রকম D (+) গ্লুকোজের আয়নার প্রতিচ্ছবি হবে L (−) গ্লুকোজ।

এখন D-গ্লিসার‍্যালডিহাইডকে কিলিয়ানি বিক্রিয়া ক্রমাগত করে গেলে যে অ্যাল-ডোজগুলি পাওয়া যাবে তারা প্রত্যেকে D শ্রেণীর যৌগ হবে। L-গ্লিসার‍্যালডিহাইড থেকে L শ্রেণীর অ্যালডোজ পাওয়া যাবে।

হেক্সোজ সমূহ ঃ অ্যালডোহেক্সোজে ($C_6H_{12}O_6$) গঠন বিন্যাস এমন যে এতে চারটি অসমমিত কার্বন পরমাণু থাকে। ফলে $2^4=16$টি সমাবয়ব অ্যালডো-হেক্সোজের হবে। এদের মধ্যে আটটি D-শ্রেণীর যৌগ এবং এইগুলির আয়নার প্রতিবিম্বগুলি হবে L শ্রেণীর যৌগ। অর্থাৎ আটটি D শ্রেণীর এবং আটটি L শ্রেণীর যৌগ পাওয়া যায় এবং এগুলি প্রত্যেকটি জানা আছে। D-গ্লুকোজ, D-ম্যানোজ এবং D-গ্যালাকটোজ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। অন্য অ্যালডোহেক্সোজগুলিকে সংশ্লেষণ করে প্রস্তুত করা হয়। অ্যালডোহেক্সোজের মধ্যে গ্লুকোজকে প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় এবং এটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় যৌগ।

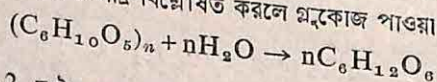
কিটো হেক্সোজে ($C_6H_{12}O_6$) তিনটি অসমমিত কার্বন পরমাণু থাকে। ফলে $2^3=8$টি সমাবয়ব কিটোহেক্সোজের হবে। এদের মধ্যে 4টি D শ্রেণীর এবং এদের আয়নার প্রতিচ্ছবিগুলি হবে L শ্রেণীর যৌগ। এই 4টি D এবং 4টি L শ্রেণীর কিটোহেক্সোজ সমাবয়বগুলি প্রত্যেকটি জানা আছে। এদের মধ্যে D-ফ্রুকটোজকে প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে মুক্ত ও যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। অ্যালডোহেক্সোজের

মধ্যে গ্লুকোজ এবং কিটোহেক্সোজের মধ্যে ফ্রুকটোজের সম্বন্ধে বিশদভাবে আলোচনা করা হবে।

D(+) গ্লুকোজ, ডেক্সট্রোজ, আঙুরের রস থেকে পাওয়া চিনি [Glucose, Dextrose, Grape Sugar] $C_6H_{12}O_6$

পাকা আঙুরের রসে, ফুলের মধুতে, মধু, মিষ্ট ফলে মুক্ত অবস্থায় D(+) গ্লুকোজ পাওয়া যায়। যুক্ত অবস্থায় ইক্ষু শর্করা, সেলুলোজ, ল্যাকটোজ এবং গ্লুকোসাইডে পাওয়া যায়। মানুষের রক্তে 0·08 – 0·11% গ্লুকোজ থাকে। সুস্থ মানুষের মূত্রে (Urine) গ্লুকোজ পাওয়া যায় না। কিন্তু বহুমূত্র গ্রস্থ রোগীদের মূত্রে গ্লুকোজ পাওয়া যায়। অগ্ন্যাশয় (Pancreas) থেকে নিঃসৃত রসে ইনসুলিন (Insulin) নামে একপ্রকার হর্মোন (Hormone) রক্তে এই গ্লুকোজের পরিমাণ নিয়ন্ত্রিত করে। অগ্ন্যাশয় রসে যদি এই ইনসুলিনের পরিমাণ কমে যায় তবে রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে। ফলে নানারকম শারীরিক জটিলতার সৃষ্টি হবে।

প্রস্তুতি : (1) শ্বেতসার থেকে : শ্বেতসার (Starch) সম্বলিত পদার্থ যেমন, আলু, চাল, গম, ভুট্টা ইত্যাদি থেকে গ্লুকোজ প্রস্তুত করা হয়। এই শ্বেতসারকে $(C_6H_{10}O_5)_n$ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অধিক চাপে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে গ্লুকোজ পাওয়া যায়।

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

প্রায় $1\frac{1}{2} - 2$ ঘণ্টা ধরে এই আর্দ্র বিশ্লেষণ করা হয়। আর্দ্র বিশ্লেষণ শেষ হয়ে গেলে অ্যাসিড অপসারণের পর অস্থি অঙ্গারের মধ্য দিয়ে পরিস্রাবণ করে দ্রবণকে বর্ণহীন করা হয়। পরে কমচাপে বাষ্পীভূত করে দ্রবণকে ঘন সিরাপে পরিণত করা হয়। এই সিরাপকে ঠাণ্ডা করলে কেলাসাকার পদার্থ পাওয়া যায়। যাকে কর্ণ সুগার (Corn sugar) বলে। এই কর্ণ সুগারের বেশির ভাগ হলো গ্লুকোজ, কিন্তু এতে ডেক্সট্রিন (Dextrin) ও মল্ট সুগার (Malt sugar)-ও থাকে। এই কর্ণ সুগারকে মিথানল থেকে পুনর্কেলাসিত করলে বিশুদ্ধ গ্লুকোজ পাওয়া যায়।

শ্বেতসারকে উৎসেচক দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে আজকাল গ্লুকোজ প্রস্তুত করা হয়। শ্বেতসারে জল দিয়ে পাতলা লেই প্রস্তুত করে এতে অ্যাসিড যোগ করে আম্লিক (pH 4·0 – 5·0) করা হয়। পরে অ্যামাইলেজ (Amylase) যোগ করে 80° – 90°C-এ আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে শ্বেতসার গ্লুকোজে পরিণত হয়। দ্রবণ থেকে আগের মত গ্লুকোজকে কেলাসিত করা হয়।

(2) **ইক্ষু শর্করা থেকেঃ** চিনিকে গুড়ো করে কোহল মেশানো হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে 50° – 60°C-এ উত্তপ্ত করে আর্দ্র বিশ্লেষণ করা হয়। এতে সমাণবিক পরিমাণে গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজ পাওয়া যায়। জলীয় কোহলে গ্লুকোজ ফ্রুকটোজের থেকে কম দ্রবণীয়। এই দ্রবণটিতে অনার্দ্র গ্লুকোজ কেলাস যোগ করে ঠাণ্ডা করলে গ্লুকোজ কেলাসিত হয়ে পড়ে এবং ফ্রুকটোজ দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। একে পরিস্রুত করলে গ্লুকোজের কেলাস পাওয়া যায়। যাকে জলীয় কোহল থেকে পুনর্কেলাসন দ্বারা বিশুদ্ধ গ্লুকোজ পাওয়া যায়।

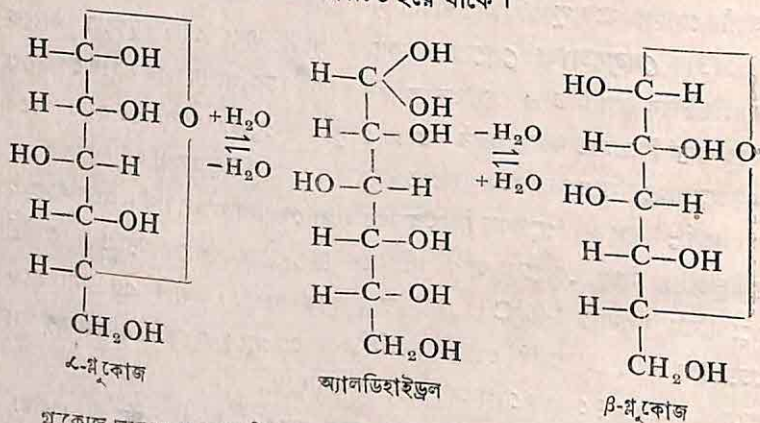
(3) **সেলুলোজ থেকেঃ** কাঠের গুড়ো এবং ছোট টুকরো কাঠকে সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে কাঠে বর্তমান সেলুলোজ গ্লুকোজে পরিণত হয়। তবে এই গ্লুকোজকে সংগ্রহ না করে এর থেকে ইথাইল কোহল প্রস্তুত করা হয়।

ধর্মঃ D(+) গ্লুকোজ মিষ্টস্বাদযুক্ত সাদা কেলাসাকার পদার্থ। জলে সহজেই দ্রবীভূত হয়, কিন্তু কোহলে স্বল্প পরিমাণে দ্রাব্য এবং ইথারে অদ্রাব্য। অনার্দ্র গ্লুকোজের গলনাঙ্ক 146°C। এটি ডান ঘূর্ণক পদার্থ। আর এর জন্য একে ডেক্সট্রোজ বলে। জলের থেকে কেলাসিত করলে গ্লুকোজ কেলাসে এক অণু জল থাকে। আর এই সোদক কেলাসের গলনাঙ্ক 86°C।

অনার্দ্র গ্লুকোজের দুপ্রকার গঠন আকার হতে পারে। যাদের গলনাঙ্ক, দ্রাব্যতা, ধ্রুবণ ঘূর্ণাংকের (Specific rotation) মধ্যে পার্থক্য আছে। এদের মধ্যে একটি গঠন বিশিষ্ট গ্লুকোজকে α এবং অপরটিকে β গ্লুকোজ বলে। α গ্লুকোজের প্রারম্ভিক ধ্রুবণ ঘূর্ণাংকের পরিমাণ +110° এবং β গ্লুকোজের প্রারম্ভিক ধ্রুবণ ঘূর্ণাংকের পরিমাণ +19°। সদ্য প্রস্তুত গ্লুকোজের জলীয় দ্রবণের ধ্রুবণ ঘূর্ণাংকের পরিমাণ তাড়াতাড়ি পরিবর্তিত হয়ে একটা সুনির্দিষ্ট অবস্থায় (পরিমাণে) এসে পৌঁছায়। এই ব্যাপারটিকে **মিউটারোটেশান** (Mutarotation) বলে। যেমন α গ্লুকোজের সদ্য প্রস্তুত জলীয় দ্রবণের ধ্রুবণ ঘূর্ণাংকের পরিমাণ +110° থেকে ক্রমশ কমে +52·5°-এ এসে পৌঁছায়। আবার β গ্লুকোজের সদ্য প্রস্তুত জলীয় দ্রবণের ধ্রুবণ ঘূর্ণাংকের পরিমাণ +19° থেকে বেড়ে +52·5°-এ এসে পৌঁছায়। [90°C-এ গ্লুকোজের জলীয় দ্রবণ থেকে কেবলমাত্র β গ্লুকোজ কেলাসিত হয়ে পড়ে এবং সাধারণ তাপমাত্রায় α গ্লুকোজ কেলাসিত হয়। অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা কোহল থেকে সদ্য প্রস্তুত গ্লুকোজকে কেলাসিত করলে α গ্লুকোজ এবং পিরিডিন থেকে সদ্য প্রস্তুত গ্লুকোজকে কেলাসিত করলে β গ্লুকোজ পাওয়া যায়।]

অতএব দু প্রকার গ্লুকোজের যে কোন একটির জলীয় দ্রবণ অভিন্ন সাম্য মিশ্রণে (Equilibrium mixture) পরিণত হয়। অর্থাৎ α গ্লুকোজ জলীয় দ্রবণে আংশিক β গ্লুকোজে এবং β গ্লুকোজ জলীয় দ্রবণে আংশিক α গ্লুকোজে পরিণত হয়ে একটি সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়। আর যার ফলে এই ধ্রুবণ ঘূর্ণাংকের পরিমাণের হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে। অর্থাৎ মিউটারোটেশান সংঘটিত হয়। α ও β গ্লুকোজ বৃত্তাকার যৌগ এবং α থেকে β বা β থেকে α পরিবর্তন মধ্যবর্তী মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ অ্যালডিহাইড্রল (Aldehydrol) মাধ্যমে সংঘটিত হয়ে থাকে।

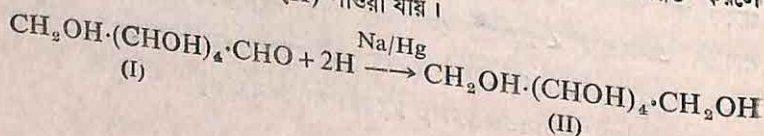
$$\begin{array}{c} \text{H—C—OH} \\ \text{H—C—OH} \\ \text{HO—C—H} \\ \text{H—C—OH} \\ \text{H—C} \\ CH_2OH \end{array} \;O\; \underset{-H_2O}{\overset{+H_2O}{\rightleftharpoons}} \begin{array}{c} \text{H—C}\langle^{OH}_{OH} \\ \text{H—C—OH} \\ \text{HO—C—H} \\ \text{H—C—OH} \\ \text{H—C—OH} \\ CH_2OH \end{array} \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} \begin{array}{c} \text{HO—C—H} \\ \text{H—C—OH} \\ \text{HO—C—H} \\ \text{H—C—OH} \\ \text{H—C} \\ CH_2OH \end{array} \;O$$

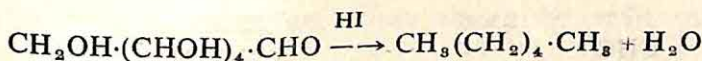
α-গ্লুকোজ — অ্যালডিহাইড্রল — β-গ্লুকোজ

গ্লুকোজ ছাড়াও অন্যান্য বিজারক মনোস্যাকারাইড যেমন অ্যারাবিনোজ, ফ্রুকটোজ, গ্যালাকটোজ ইত্যাদিরও মিউটারোটেশান হতে পারে।

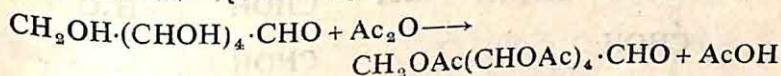
বিক্রিয়াসমূহ : (1) গ্লুকোজ হলো শক্তিশালী বিজারক শর্করা (Reducing sugar) এবং গ্লুকোজকে ফেলিং দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফেলিং দ্রবণ বিজারিত হয়ে লাল কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হয়। অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেটকে (টলেনের বিকারক) গ্লুকোজ বিজারিত করতে পারে।

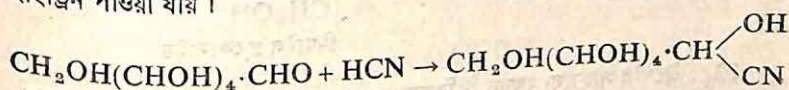
(2) লঘু ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে গ্লুকোজের গঠন বিন্যাসের পরিবর্তন হয়ে সমাবয়ব শর্করা ম্যানোজ ও ফ্রুকটোজে পরিণত হয়। [লবরি দ্য ব্রুইন ভন একেস্টাইন পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া]

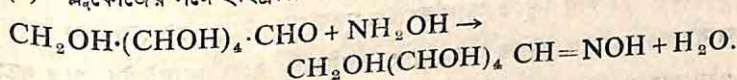
(3) সোডিয়াম পারদ সংকরের সাহায্যে গ্লুকোজকে (I) বিজারিত করলে হেক্সাহাইড্রিক কোহল সরবিটল (II) পাওয়া যায়।

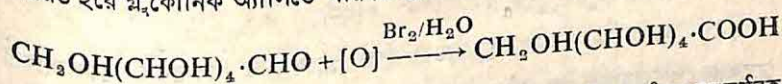
$$\underset{(I)}{CH_2OH\cdot(CHOH)_4\cdot CHO} + 2H \xrightarrow{Na/Hg} \underset{(II)}{CH_2OH\cdot(CHOH)_4\cdot CH_2OH}$$

কিন্তু হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে গ্লুকোজ *n*-হেক্সেনে পরিণত হয়।

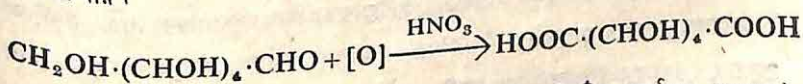
$$CH_2OH\cdot(CHOH)_4\cdot CHO \xrightarrow{HI} CH_3(CH_2)_4\cdot CH_3 + H_2O$$

(4) গ্লুকোজের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় পেণ্টাঅ্যাসিটাইল গ্লুকোজ পাওয়া যায়। [$Ac{=}CH_3\cdot CO$]

$$CH_2OH\cdot(CHOH)_4\cdot CHO + Ac_2O \longrightarrow CH_2OAc(CHOAc)_4\cdot CHO + AcOH$$

(5) গ্লুকোজের সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গ্লুকোজ সায়ানো-হাইড্রিন পাওয়া যায়।

$$CH_2OH(CHOH)_4\cdot CHO + HCN \rightarrow CH_2OH(CHOH)_4\cdot CH\langle^{OH}_{CN}$$

(6) গ্লুকোজের সঙ্গে হাইড্রক্সিল্যামিনের বিক্রিয়ায় অক্সিম পাওয়া যায়।

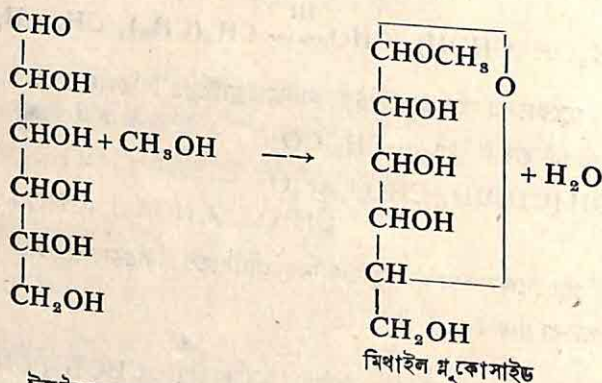
$$CH_2OH\cdot(CHOH)_4\cdot CHO + NH_2OH \rightarrow CH_2OH(CHOH)_4\ CH{=}NOH + H_2O.$$

(7) মৃদু জারক দ্রব্য যেমন ব্রোমিন জলের সঙ্গে গ্লুকোজের বিক্রিয়ায় গ্লুকোজ জারিত হয়ে গ্লুকোনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

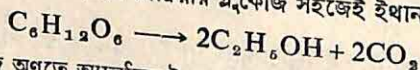
$$CH_2OH(CHOH)_4\cdot CHO + [O] \xrightarrow{Br_2/H_2O} CH_2OH(CHOH)_4\cdot COOH$$

8. গ্লুকোজকে নাইট্রিক অ্যাসিড জারিত করে C_6 দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড স্যাকারিক অ্যাসিডে পরিণত করে। এই বিক্রিয়ায় কিছু পরিমাণে অকজালিক অ্যাসিডও পাওয়া যায়।

$$CH_2OH\cdot(CHOH)_4\cdot CHO + [O] \xrightarrow{HNO_3} HOOC\cdot(CHOH)_4\cdot COOH$$

9. গ্লুকোজের সঙ্গে ফিনাইল হাইড্রাজিনের (অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণের) বিক্রিয়ায় গ্লুকোসাজোন পাওয়া যায়।

10. গ্লুকোজের সঙ্গে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম গ্লুকোসেট $C_6H_{12}O_6\cdot CaO$ পাওয়া যায়, যা জলে অতি দ্রবণীয় কিন্তু কোহলে অদ্রবণীয়।

11. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের (অনার্দ্র) উপস্থিতিতে গ্লুকোজের সঙ্গে মিথানল (বা ইথানলের) বিক্রিয়ায় গ্লুকোসাইড পাওয়া যায়।

মিথাইল গ্লুকোসাইড

12. ঈস্টের সাহায্যে সন্ধান বিক্রিয়ায় গ্লুকোজ সহজেই ইথানলে পরিণত হয়।

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

13. গ্লুকোজ অণুতে অ্যালডিহাইড মূলক থাকা সত্ত্বেও গ্লুকোজ শিফ বিকারকের আসল রঙ ফিরিয়ে আনতে অক্ষম এবং সোডিয়াম বাই-সালফাইটের সঙ্গে যুতযৌগ গঠন করে না।

গঠন ঃ (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে গ্লুকোজের আণবিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$।

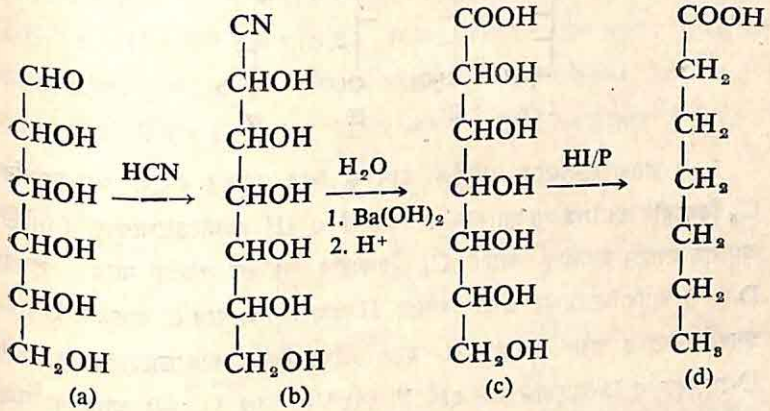
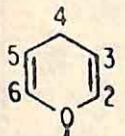
(2) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে গ্লুকোজের বিক্রিয়ায় কেলাসাকার গ্লুকোজ পেন্টাঅ্যাসিটাইল যৌগ পাওয়া যায়। অতএব গ্লুকোজে পাঁচটা হাইড্রক্সিল মূলক আছে। গ্লুকোজ বেশ স্থায়ী যৌগ বলে, কোন কার্বনে একাধিক হাইড্রক্সিল মূলক থাকতে পারবে না। অর্থাৎ পাঁচটি কার্বনে পাঁচটি হাইড্রক্সিল মূলক যুক্ত থাকবে।

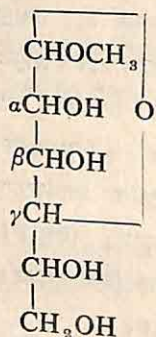
(3) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, হাইড্রক্সিল্যামিন ইত্যাদির ন্যায় কার্বনিল বিকারকের সঙ্গে গ্লুকোজের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সায়ানোহাইড্রিন, অক্সিম যৌগ প্রস্তুত হয়। অতএব গ্লুকোজে একটি কার্বনিল মূলক আছে।

(4) ব্রোমিন জলের মত মৃদু জারক দ্রব্য দিয়ে গ্লুকোজকে সহজেই জারিত করে সমসংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট গ্লুকোনিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়। অতএব গ্লুকোজে অবস্থিত কার্বনিল মূলকটি অবশ্যই অ্যালডিহাইড মূলক হবে।

(5) গ্লুকোজের (a) সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিনকে (b) আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে হাইড্রক্সি অ্যাসিড (c) পাওয়া

যায়, যাকে লাল ফসফরাস ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে n-হেপ্টোয়িক অ্যাসিড (d) পাওয়া যায়। অতএব গ্লুকোজ অণুটিতে কার্বন পরমাণুগুলি সরল শৃঙ্খলে অবস্থিত এবং শৃঙ্খলের একপ্রান্তে অ্যালডিহাইড মূলকটি অবস্থিত।

$$
\begin{array}{ccccccc}
 & & \text{CN} & & \text{COOH} & & \text{COOH} \\
\text{CHO} & & | & & | & & | \\
| & & \text{CHOH} & & \text{CHOH} & & \text{CH}_2 \\
\text{CHOH} & & | & & | & & | \\
| & & \text{CHOH} & & \text{CHOH} & & \text{CH}_2 \\
\text{CHOH} & \xrightarrow{\text{HCN}} & \text{CHOH} & \xrightarrow[\text{1. Ba(OH)}_2 \; \text{2. H}^+]{\text{H}_2\text{O}} & \text{CHOH} & \xrightarrow{\text{HI/P}} & \text{CH}_2 \\
| & & | & & | & & | \\
\text{CHOH} & & \text{CHOH} & & \text{CHOH} & & \text{CH}_2 \\
| & & | & & | & & | \\
\text{CHOH} & & \text{CHOH} & & \text{CHOH} & & \text{CH}_2 \\
| & & | & & | & & | \\
\text{CH}_2\text{OH} & & \text{CH}_2\text{OH} & & \text{CH}_2\text{OH} & & \text{CH}_3 \\
\text{(a)} & & \text{(b)} & & \text{(c)} & & \text{(d)}
\end{array}
$$

(6) গ্লুকোজের যে সরল শৃঙ্খল গঠন প্রমাণ করা হলো তা যে কোন অ্যালডোহেক্সোজের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। এই সরল শৃঙ্খল গঠনে চারটি অসমমিত কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং $2^4 = 16$টি সমাবয়ব হবে। এদের মধ্যে আটটি D শ্রেণীর যৌগ এবং আট টি L শ্রেণীর যৌগ অর্থাৎ আট জোড়া এনানসিয়োমার হবে। এই আটটি D শ্রেণীর সমাবয়বের মধ্যে একটি গঠন বিন্যাস হবে D গ্লুকোজের।

গ্লুকোজের গঠন বিন্যাস : (–) অ্যারাবিনোজকে কিলিয়ানি ফিশার বিক্রিয়া করলে এপিমার (+) গ্লুকোজ ও (+) ম্যানোজ পাওয়া যায়। (+) গ্লুকোজকে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় আর প্রকৃতিতে প্রাপ্ত (+) গ্লুকোজকে ফিশার D-শ্রেণীর যৌগ বলে ধরে নেন। ফিশারের এই সিদ্ধান্ত সত্যি বলে পরে প্রমাণিত হয়েছে। অতএব (–) অ্যারাবিনোজ ও (+) ম্যানোজ উভয়েই D-শ্রেণী যৌগ। এখন অ্যারাবিনোজ হলো অ্যালডোপেন্টোজ। অ্যালডোপেন্টোজে তিনটি অসমমিত কার্বন আছে। অতএব $2^3 = 8$ বা চার জোড়া এনানসিয়োমার হবে। যেহেতু (–) অ্যারাবিনোজ D শ্রেণীর যৌগ, অতএব চারটি L শ্রেণীর যৌগ বাদ হবে। সুতরাং D (–) অ্যারাবিনোজের গঠন বিন্যাস হবে, নিম্নের যে কোন একটি (উল্লম্ব রেখার বাম বা ডান পাশে অবস্থিত বার (bar) হাইড্রক্সিল মূলকের অবস্থান সূচীত করে।

এসব অসঙ্গতি দূর করার জন্য টলেন স্থায়ী γ ল্যাকটোনের সঙ্গে সঙ্গতি রেখে গ্লুকোজের এবং গ্লুকোসাইডের পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট বৃত্তাকার গঠনের পক্ষে অভিমত দেন। এই পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট বৃত্তাকার গঠনের সপক্ষে কোন পরীক্ষালব্ধ ফল ছিল না। পরে হাওয়ার্থ (Haworth) হিস্ট এবং তাঁদের সহকর্মীরা গ্লুকোজের পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট বৃত্তাকার গঠনটি ভূল বলে প্রমাণিত করেন।

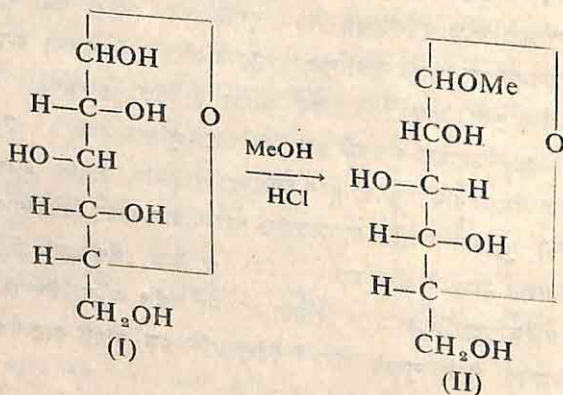
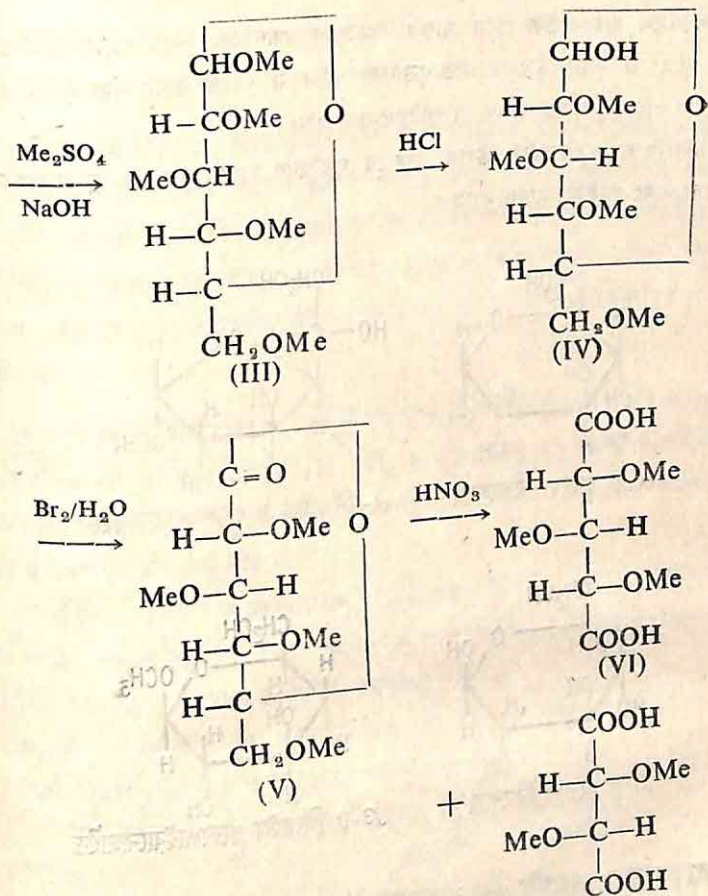
তাঁরা প্রমাণ করেন যে, গ্লুকোসাইড হলো ছয় সদস্য বিশিষ্ট বৃত্তাকার যৌগ বা গ্লুকোপাইরানোসাইড [কারণ α পাইরান হলো 4, 5, 3, 6, 2, O]। তাঁদের পদ্ধতি হলো—প্রথমে গ্লুকোজের (i) সঙ্গে মিথানল ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের বিক্রিয়ায় মিথাইল গ্লুকোসাইড (ii) প্রস্তুত করা। পরে এই মিথাইল গ্লুকোসাইড-কে মিথাইল সালফেট ও ক্ষারের সাহায্যে টেট্রামিথাইল মিথাইল গ্লুকোসাইডে (iii) পরিণত করা। এই টেট্রামিথাইল মিথাইল গ্লুকোসাইডকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে টেট্রামিথাইল গ্লুকোজে (iv) পরিণত করে ব্রোমিন জল দিয়ে জারিত করলে ল্যাকটোন (v) পাওয়া যায়। এই ল্যাকটোনকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে অন্যান্য উৎপন্ন পদার্থের সঙ্গে জাইলো জাতক পাওয়া যায়, অতএব গ্লুকোসাইডের বৃত্তটি অবশ্যই ছয় সদস্য বিশিষ্ট বা পাইরানোসাইড বৃত্ত হবে। ট্রাইমিথক্সিগ্লুটারিক অ্যাসিড (vi) পাওয়া যায়। যেহেতু এই গ্লুটারিক অ্যাসিড

CHOH
H—C—OH
HO—CH
H—C—OH
H—C
CH_2OH
(I)

$\xrightarrow[HCl]{MeOH}$

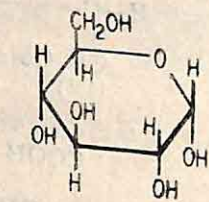
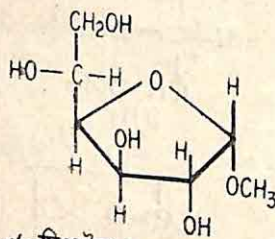
CHOMe
HCOH
HO—C—H
H—C—OH
H—C
CH_2OH
(II)

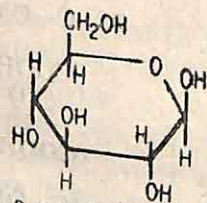
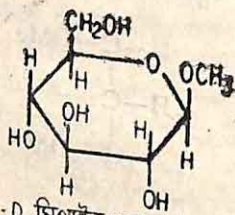
```
                  |
                 CHOMe ---------
                  |             |
  Me2SO4       H—COMe           O
 ------->         |             |
  NaOH         MeOCH            |
                  |             |
               H—C—OMe          |
                  |             |
               H—C -------------
                  |
                 CH2OMe
                 (III)

            |
           CHOH --------
            |           |
  HCl    H—COMe         O
 --->       |           |
        MeOC—H          |
            |           |
         H—COMe         |
            |           |
         H—C -----------
            |
           CH2OMe
           (IV)
```

```
                   |
                  C=O ----------
                   |            |
  Br2/H2O       H—C—OMe         O
 -------->         |            |
              MeO—C—H           |
                   |            |
                H—C—OMe         |
                   |            |
                H—C ------------
                   |
                  CH2OMe
                  (V)

            COOH
             |
  HNO3    H—C—OMe
 ----->      |
         MeO—C—H
             |
          H—C—OMe
             |
            COOH
            (VI)

            COOH
             |
     +    H—C—OMe
             |
         MeO—C—H
             |
            COOH
```

ঘরের তাপমাত্রার ফিশার (Fischer) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে গ্লূকোজের সঙ্গে মিথানল রেখে দিয়ে যে মিথাইল গ্লূকোসাইড প্রস্তুত করেন তা পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট বৃত্তাকার গ্লূকোসাইড বলে প্রমাণিত হয়েছে (হাওয়ার্থ হির্স্টের পদ্ধতি অনুসারে)। এই পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট বৃত্তাকার গ্লূকোসাইডকে গ্লূকোফুরানোসাইড বলে, কারণ ফিউরান হলো (O-যুক্ত পাঁচ সদস্যের বলয়) পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট বৃত্তাকার যৌগ।

এটা দেখা গেছে যে গ্লূকোজকে হাইপোব্রোমাইড দিয়ে জারিত করলে প্রথম উৎপন্ন যৌগ যা পাওয়া যায় তা আসলে অস্থায়ী δ ল্যাকটোন, পরে সেটি স্থায়ী

γ ল্যাকটোনে পরিবর্তিত হয়ে যায়। অতএব আণবিক গঠনে গ্লুকোজের প্রধান অংশ হলো δ ল্যাকটোনের মত বৃত্তাকার গঠন যা পাঁচটি কার্বন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণু দিয়ে গঠিত বা পাইরানোজ গঠন।

কেলাসিত গ্লুকোজের উপর এক্স-রে পরীক্ষায় জানা গেছে যে গ্লুকোজের গঠন বৃত্তাকার এবং পাইরানোজের ন্যায়।

α-D গ্লুকোপাইরানোজ

α-মিথাইল D গ্লুকোফুরানোসাইড

β-D গ্লুকোপাইরানোজ

β-D মিথাইল গ্লুকোপাইরানোসাইড

ব্যবহার : রোগীর এবং সাধারণের শক্তির প্রয়োজনে গ্লুকোজ খাদ্য হিসেবে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। আয়না প্রস্তুতিতে (রূপালী আস্তরণের জন্য) এবং সরবিটল ও ভিটামিন সি উৎপাদনে গ্লুকোজ ব্যবহৃত হয়। জ্যাম, জেলীতেও ব্যবহার করা হয়।

সনাক্তকরণ : (1) ফুটন্ত ফেলিং দ্রবণকে গ্লুকোজ বিজারিত করে লাল রঙের কিউপ্রাস অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং এতে ফেলিং দ্রবণের নীল রঙ অন্তর্হিত হয়। (2) টলেনের বিকারকের সঙ্গে গ্লুকোজকে উত্তপ্ত করলে টলেন বিকারক বিজারিত হয়ে ধাতব রূপোয় পরিণত হয় যা টেস্টটিউবের গায়ে লেগে আয়নার মত দেখায়। (3) ফিনাইল হাইড্রাজিনহাইড্রোক্লোরাইডের অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণের সঙ্গে গ্লুকোজকে গরম করলে হলুদ রঙের অদ্রাব্য ওসাজোন পাওয়া যায়,

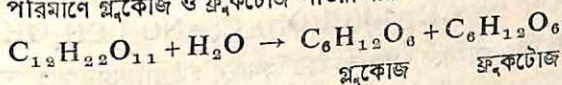
যার গলনাঙ্ক 204°C। (4) গ্লুকোজে কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করে উত্তপ্ত করলে প্রথমে হলুদ এবং পরে ধূসর রঙে পরিবর্তন হয়।

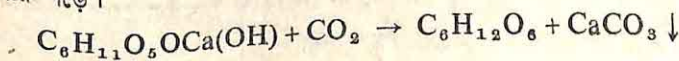
মাত্রিক নিরূপণ ঃ জ্ঞাত মাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের ফেলিং দ্রবণকে উত্তপ্ত করে গরম অবস্থায় গ্লুকোজ দ্রবণ (বুরেটে নিয়ে) দিয়ে টাইট্রেট করা হয়, যতক্ষণ না পর্যন্ত ফেলিং দ্রবণের নীল রঙ অন্তর্হিত হয়। নিদের্শক (Indicator) হিসেবে মেথিলিন ব্লু ব্যবহার করা হয়। মেথিলিন ব্লু-কে গ্লুকোজ বর্ণহীন করে। অবশ্য যতক্ষণ পর্যন্ত ফেলিং দ্রবণ থাকবে ততক্ষণ মেথিলিন ব্লু-কে গ্লুকোজ বিজারিত করতে পারবে না।

ফ্রুকটোজ, লিভুলোজ, ফ্রুট সুগার (ফলশর্করা) (Fructose, Laevulose, Fruit Sugar) $C_6H_{12}O_6$ ঃ ফুলের মধু, মধু, মিষ্টি ফলের রসে, কোন কোন গাছের মূলে ফ্রুকটোজ পাওয়া যায়। এছাড়া গ্লুকোজের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় ইক্ষুশর্করায় পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি ঃ ডালিয়া বা জেরুজালেম আর্টিচোক (Jerusalem Artichoke) নামে গাছের কন্দকে সরু সরু করে কেটে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে প্রচুর পরিমাণে ফ্রুকটোজ উৎপাদন করা হয়।

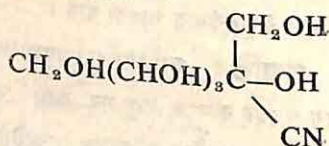
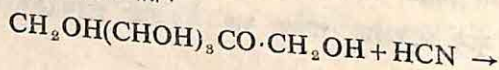
এছাড়া ইক্ষুশর্করাকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে সমাণবিক পরিমাণে গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজ পাওয়া যায়।

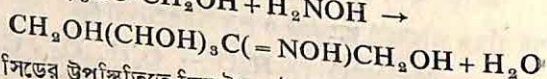
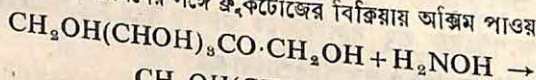
$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডকে বেরিয়াম কার্বনেট দিয়ে প্রশমিত করা হয় এবং উৎপন্ন অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটকে পরিস্রাবণ করে আলাদা করা হয় এবং দ্রবণটিকে গাঢ় করে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করে ঠাণ্ডা করা হয়। এতে প্রায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ফ্রুকটোসেট অধঃক্ষিপ্ত হয়ে পড়ে এবং দ্রবণে অধিক দ্রাব্য ক্যালসিয়াম গ্লুকোসেট থেকে যায়। পরে পরিস্রাবণ করে ক্যালসিয়াম ফ্রুকটোসেটকে পৃথক করার পর জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রেখে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যায় এবং ফ্রুকটোজ দ্রবণে থেকে যায়। যাকে গাঢ় করে ফ্রুকটোজের কেলাস মেশালে ফ্রুকটোজ দ্রবণ থেকে কেলাসিত হয়ে পড়ে।

$$C_6H_{11}O_5OCa(OH) + CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + CaCO_3 \downarrow$$

ধর্ম ঃ ফ্রুকটোজ মিষ্টি সাদ যুক্ত সাদা কেলাসাকার পদার্থ। জলে সহজে দ্রাব্য, কোহলে স্বল্প দ্রাব্য এবং ইথারে অদ্রাব্য। গলনাঙ্ক 102°C এবং এই তাপাঙ্কে ফ্রুকটোজ বিয়োজিত হয়। সদ্য প্রস্তুত ফ্রুকটোজের জলীয় দ্রবণের ধ্রুবণ ঘূর্ণাঙ্ক –133°, যা সময়ের সঙ্গে পরিবর্তিত হয়ে কমে অবশেষে –92° স্থির মানে এসে পৌঁছায়। অর্থাৎ ফ্রুকটোজের জলীয় দ্রবণের মিউটারোটেশান হয়। ফ্রুকটোজ আলোক সক্রিয় যৌগ এবং এটি বামঘূর্ণক যৌগ বলে একে লিভুলোজ বলা হয়। প্রাকৃতিক ফ্রুকটোজ হলো D শ্রেণীর যৌগ।

বিক্রিয়াসমুহ ঃ (1) ফ্রুকটোজ শক্তিশালী বিজারক পদার্থ এবং এটি ফেলিং দ্রবণ, অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেটকে বিজারিত করে।

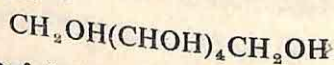
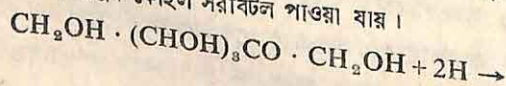
(2) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফ্রুকটোজের বিক্রিয়ায় ফ্রুকটোজ সায়ানোহাইড্রিন পাওয়া যায়।

$$CH_2OH(CHOH)_3CO \cdot CH_2OH + HCN \rightarrow CH_2OH(CHOH)_3C(OH)(CH_2OH)CN$$

(3) হাইড্রক্সিল্যামিনের সঙ্গে ফ্রুকটোজের বিক্রিয়ায় অক্সিম পাওয়া যায়।

$$CH_2OH(CHOH)_3CO \cdot CH_2OH + H_2NOH \rightarrow CH_2OH(CHOH)_3C(=NOH)CH_2OH + H_2O$$

(4) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে ফ্রুকটোজের বিক্রিয়ায় ওসাজোন পাওয়া যায়, সেটি গ্লুকোসাজোনের সঙ্গে অভিন্ন যৌগ। (ওসাজোন বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য)।

(5) ফ্রুকটোজকে ব্রোমিন জল দিয়ে জারিত করা যায় না, কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিড ফ্রুকটোজকে জারিত করে ট্রাই-হাইড্রক্সি গ্লুটারিক অ্যাসিড, টারটারিক অ্যাসিড ও গ্লাইকোলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(6) সোডিয়াম পারদ সংকরের সাহায্যে ফ্রুকটোজকে বিজারিত করলে হেক্সাহাইড্রিক কোহল সরবিটল পাওয়া যায়।

$$CH_2OH \cdot (CHOH)_3CO \cdot CH_2OH + 2H \rightarrow CH_2OH(CHOH)_4CH_2OH$$

(7) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের উপস্থিতিতে মিথাইল কোহলের সঙ্গে ফ্রুকটোজের বিক্রিয়ায় মিথাইল ফ্রুকটোসাইড পাওয়া যায়।

(8) ঈস্টের সাহায্যে ফ্রুকটোজের জলীয় দ্রবণকে সন্ধান বিক্রিয়া করালে ইথানল পাওয়া যায়।

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

9. অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে ফ্রুকটোজের বিক্রিয়ায় ফ্রুকটোজ পেন্টাঅ্যাসিটেট পাওয়া যায়। [$Ac = CH_3CO$]

$$C_6H_{12}O_6 + 5Ac_2O \rightarrow C_6H_7O(OAc)_5 + 5AcOH$$

গঠন : (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে ফ্রুকটোজের আণবিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$ ।

(2) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে ফ্রুকটোজের বিক্রিয়ায় ফ্রুকটোজ পেন্টাঅ্যাসিটেট পাওয়া যায়। অতএব ফ্রুকটোজে পাঁচটি হাইড্রক্সিল মূলক আছে। এবং যেহেতু ফ্রুকটোজ বেশ স্থায়ী যৌগ। অতএব কোন কার্বনে একাধিক হাইড্রক্সিল মূলক নেই। [$Ac=CH_3CO$]

$$C_6H_{12}O_6 + 5Ac_2O \rightarrow C_6H_7O(OAc)_5 + 5AcOH$$

(3) ফ্রুকটোজের সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সায়ানোহাইড্রিন এবং হাইড্রক্সিল্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্সিম পাওয়া যায়। অতএব ফ্রুকটোজে কার্বনিল মূলক আছে। আবার যেহেতু ফ্রুকটোজকে ব্রোমিন জল দিয়ে সহজে জারিত করা যায় না এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে জারিত করলে যে জৈব অ্যাসিডের মিশ্রণ পাওয়া যায় তাদের প্রত্যেকের অণুতে অবস্থিত কার্বন পরমাণু সংখ্যা ফ্রুকটোজ অণুতে অবস্থিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যা থেকে কম। অতএব ফ্রুকটোজে অবস্থিত কার্বনিল মূলকটি কিটোন মূলক।

(4) ফ্রুকটোজের (*a*) সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানোহাইড্রিনকে (*b*) আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে যে হাইড্রক্সি অ্যাসিড (*c*) পাওয়া যায়, তাকে লাল ফসফরাস ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে *n*-বিউটাইল মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড (*d*) পাওয়া যায়। অতএব ফ্রুকটোজ অণুতে অবস্থিত কার্বন পরমাণুগুলি সরল শৃঙ্খলে বর্তমান এবং শৃঙ্খলে দ্বিতীয় কার্বন পরমাণু হবে কার্বনিল মূলকের কার্বন পরমাণু। সুতরাং ফ্রুকটোজের সরল শৃঙ্খল গঠন হবে নিম্নরূপ :

```
                                   CH2OH                               CH3
 CH2OH          CH2OH              |  OH                               |
 |              |  OH              C<                                  CHCOOH
 C=O            C<                 |  COOH        HI/P (লাল)           |
 |        HCN   |  CN     H2O      CHOH        ----------->            CH2
 CHOH  ------>  CHOH     ----->    |                                   |
 |              |                  CHOH                                CH2
 CHOH           CHOH               |                                   |
 |              |                  CHOH                                CH2
 CHOH           CHOH               |                                   |
 |              |                  CH2OH                               CH3
 CH2OH          CH2OH               (c)                                (d)
  (a)            (b)
```

যে কোন কিটোহেক্সোজের গঠন হবে (*a*) ন্যায়। এই গঠনে তিনটি অসমমিত কার্বন পরমাণু আছে। অতএব $2^3 = 8$টি সমাবয়ব পাওয়া যাবে। অর্থাৎ চার জোড়া এনান্সিয়োমার পাওয়া যাবে। এর মধ্যে চারটি D শ্রেণী যৌগ এবং এদের আয়নার প্রতিচ্ছবিগুলি L শ্রেণীর যৌগ হবে।

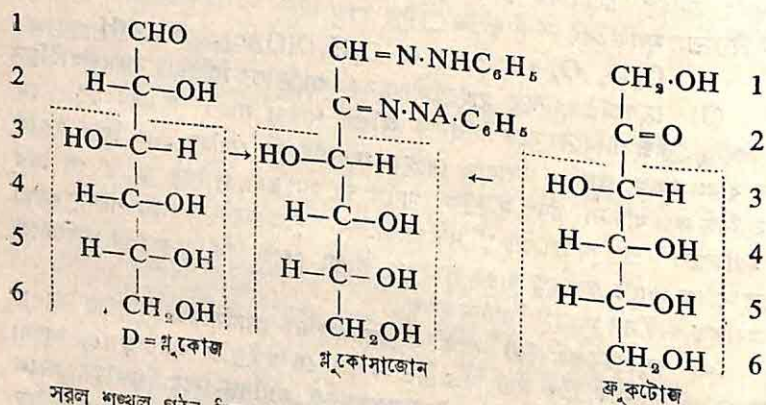
ফ্রুকটোজের গঠন বিন্যাস : ফ্রুকটোজ থেকে প্রাপ্ত ওসাজোন এবং গ্লুকোজ থেকে প্রাপ্ত ওসাজোন অভিন্ন যৌগ। ওসাজোন প্রস্তুতিতে ফ্রুকটোজ বা গ্লুকোজের C-1 এবং C-2 কার্বন পরমাণু কেবল জড়িত থাকে। অতএব গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজের অবশিষ্ট অংশের গঠন বিন্যাস অভিন্ন হবে (অর্থাৎ C-3 থেকে C-6 পর্যন্ত)।

1 CHO
2 $H-C-OH$
3 $HO-C-H$
4 $H-C-OH$
5 $H-C-OH$
6 CH_2OH
D = গ্লুকোজ

→

$CH=N\cdot NHC_6H_5$
$C=N\cdot NA\cdot C_6H_5$
$HO-C-H$
$H-C-OH$
$H-C-OH$
CH_2OH
গ্লুকোসাজোন

←

$CH_2\cdot OH$ 1
$C=O$ 2
$HO-C-H$ 3
$H-C-OH$ 4
$H-C-OH$ 5
CH_2OH 6
ফ্রুকটোজ

সরল শৃঙ্খল গঠন দিয়ে ফ্রুকটোজের সকল ধর্মের যথাযথ ব্যাখ্যা মেলে না। যেমন দু প্রকার মিথাইল ফ্রুকটোসাইড পাওয়া যায় এবং ফ্রুকটোজের জলীয় দ্রবণের মিউটারোটেশান হয়। যদিও দু প্রকার ফ্রুকটোজ পাওয়া যায় না। কেবলমাত্র β ফ্রুকটোজ পাওয়া যায়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে মিথানলের সঙ্গে ফ্রুকটোজের (I) বিক্রিয়ায় মিথাইল ফ্রুকটোসাইড (II) পাওয়া যায়, যা মিথাইল সালফেট ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় টেট্রামিথাইল মিথাইল ফ্রুকটোসাইড (III) উৎপন্ন করে। টেট্রামিথাইল মিথাইল ফ্রুকটোসাইডকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে টেট্রামিথাইল ফ্রুকটোজ (IV) পাওয়া যায় যাকে জারিত করলে ট্রাইমিথক্সি গ্লুটারিক অ্যাসিড (V) এবং ডাইমিথক্সি সাকসিনিক অ্যাসিড (VI) পাওয়া যায়। অতএব ফ্রুকটোজের বৃত্তাকার গঠন হবে ছয় সদস্য বিশিষ্ট অর্থাৎ পাইরানোজ গঠন।

CH_2OH
HO—C
HO—C—H
H—C—OH O
H—C—OH
CH_2
(I)

$\xrightarrow[HCL]{MeOH}$

CH_2OH
MeOC
HO—C—H
H—C—OH O
H—C—OH
CH_2
(II)

$\xrightarrow[NaOH]{Me_2SO_4}$

CH_2OMe
MeO—C
MeO—C—H O
H—C—OMe
H—C—OMe
CH_2
(III)

$\xrightarrow{HCl}$

CH_2OMe
HO—C
MeOCH O
H—C—OMe
H—C—OMe
CH_2
(IV)

$\xrightarrow{[O]}$

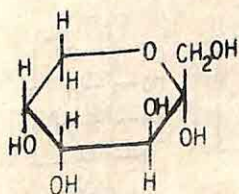
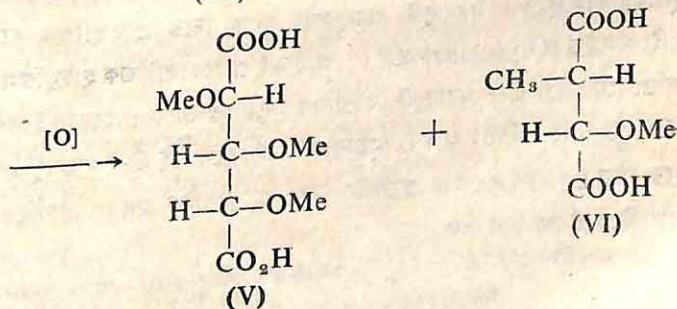
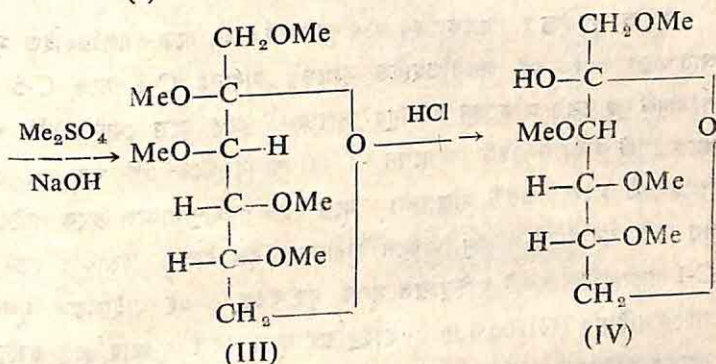
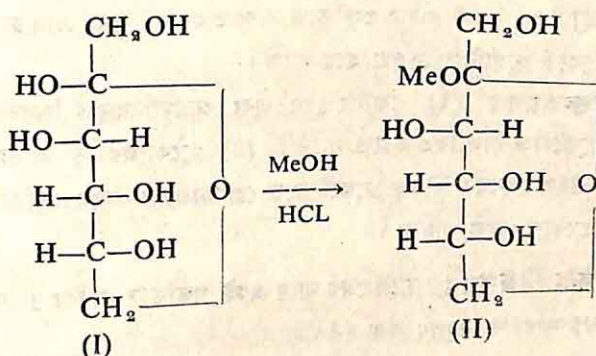
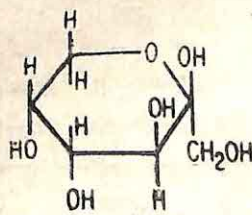
COOH
MeOC—H
H—C—OMe
H—C—OMe
CO_2H
(V)

\+

COOH
CH_3—C—H
H—C—OMe
COOH
(VI)

H, H, H, O, CH_2OH, H, OH, H, HO, OH, OH, H

α-D ফ্রুকটোপাইরানোজ

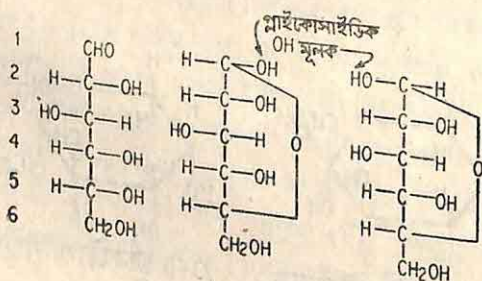
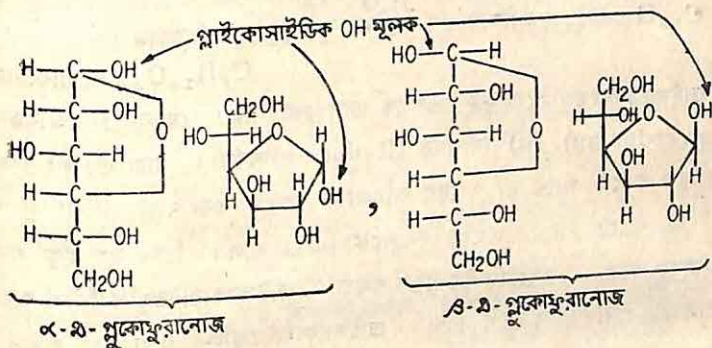
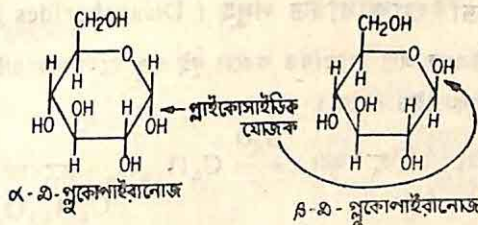
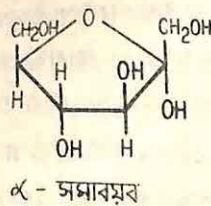
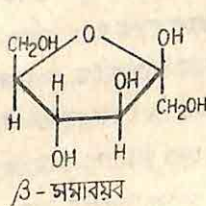
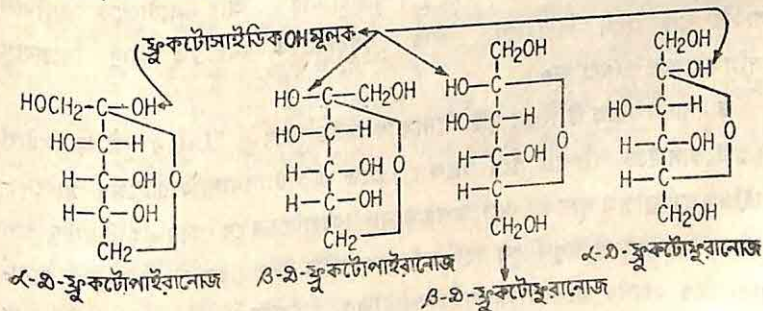
H, H, H, O, OH, OH, H, HO, CH_2OH, OH, H

β-D ফ্রুকটোপাইরানোজ

ব্যবহার ঃ মিষ্টি খাবার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। বহুমূত্র রোগাক্রান্ত ব্যক্তিদের চিনির পরিবর্তে ফ্রুকটোজ দেওয়া হয়ে থাকে।

সনাক্তকরণ ঃ (1) ফেলিং দ্রবণ এবং অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে ফ্রুকটোজ বিজারিত করতে পারে। (2) গ্লুকোজের মত অভিন্ন ওসাজোন ফ্রুকটোজ উৎপন্ন করে। কিন্তু ফ্রুকটোজকে ব্রোমিন জল দিয়ে জারিত করা যায় না। (গ্লুকোজ থেকে পার্থক্য)

মাত্রিক নিরূপণ ঃ গ্লুকোজের ন্যায় একই পদ্ধতিতে ফেলিং দ্রবণের সাহায্যে ফ্রুকটোজের পরিমাণ নিরূপণ করা হয়।

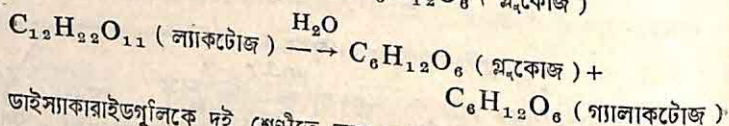
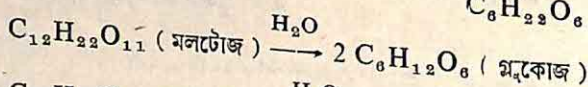
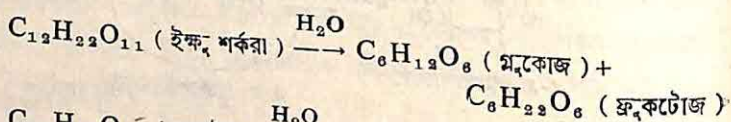
গ্লুকোসাইড ঃ গ্লুকোজের গঠন বৃত্তাকার হলে, এতে অ্যালডিহাইড মূলকটি আর থাকে না। এই অ্যালডিহাইড মূলকের কার্বনের C-1 সঙ্গে C-5 কার্বন পরমাণুটি যুক্ত থাকে অক্সিজেন পরমাণুর মাধ্যমে। এতে বৃত্তে মোট ছয়টি পরমাণু থাকে (5টি কার্বন ও একটি অক্সিজেন)। অবশ্য বৃত্তটিতে 5টি পরমাণুও থাকতে পারে (4টি কার্বন ও একটি অক্সিজেন)। বৃত্তে ছয়টি পরমাণু থাকলে তাকে পাইরানোজ বৃত্ত বলে, আর পাঁচটি পরমাণু থাকলে ফুরানোজ বৃত্ত বলে। বৃত্তাকার গঠন হলে C-1 পরমাণুটিতে একটি হাইড্রক্সিল মূলক যুক্ত থাকে। এই হাইড্রক্সিল মূলকটিকে গ্লাইকোসাইডিক (Glycosidic) হাইড্রক্সিল মূলক বলে। আর এই হাইড্রক্সিল মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণুটি অ্যালকাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে তাকে গ্লাইকোসাইড (Glycoside) বলে। আর এই গ্লাইকোসাইডিক হাইড্রক্সিল মূলকটির অক্সিজেনের সঙ্গে C-1 পরমাণুটি যে যোজক দিয়ে যুক্ত তাকে গ্লাইকোসাইডিক যোজক (Glycosidic bond) বলে। বৃত্তাকার গঠন হলে এই C-1 পরমাণুটি অসমমিত হয়ে পড়ে। ফলে দু প্রকার গ্লুকোজ এবং গ্লুকোসাইড হয়। একটিকে α এবং অপরটিকে β সমাবয়ব বলে।

```
                                    (গ্লাইকোসাইডিক
                                     OH মূলক
1        CHO            H—C—OH                      HO—C—H
2     H—C—OH            H—C—OH                       H—C—OH
3    HO—C—H            HO—C—H    O                  HO—C—H    O
4     H—C—OH            H—C—OH                       H—C—OH
5     H—C—OH            H—C——                        H—C——
6       CH2OH             CH2OH                        CH2OH
                           α                             β
```

সেরকম ফ্রুকটোজের বেলায়

ডাইস্যাকারাইড সমুহ (Disaccharides)

ডাইস্যাকারাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে দুই অণু মনোস্যাকারাইড পাওয়া যায় প্রতি অণু ডাইস্যাকারাইড থেকে।

$C_{12}H_{22}O_{11}$ (ইক্ষু শর্করা) $\xrightarrow{H_2O}$ $C_6H_{12}O_6$ (গ্লুকোজ) + $C_6H_{22}O_6$ (ফ্রুকটোজ)

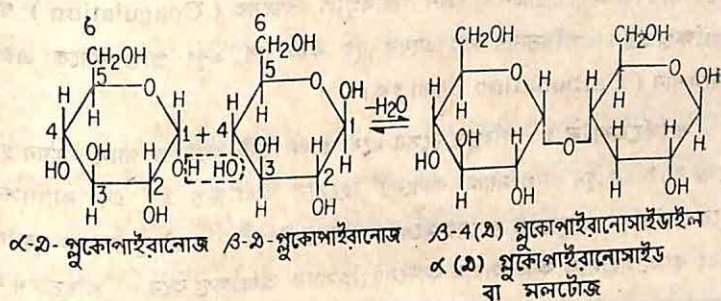
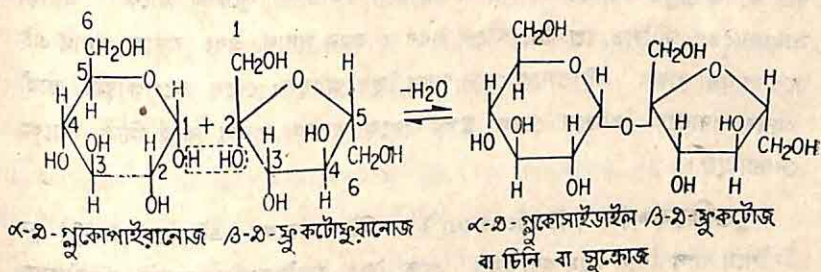
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (মলটোজ) $\xrightarrow{H_2O}$ $2\,C_6H_{12}O_6$ (গ্লুকোজ)

$C_{12}H_{22}O_{11}$ (ল্যাকটোজ) $\xrightarrow{H_2O}$ $C_6H_{12}O_6$ (গ্লুকোজ) + $C_6H_{12}O_6$ (গ্যালাকটোজ)

ডাইস্যাকারাইডগুলিকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যেমন (i) অবিজারক (Non reducing), (ii) বিজারক (Reducing) শর্করা। যারা ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে না তাদের অবিজারক শর্করা এবং যারা ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে, তাদের বিজারক শর্করা বলে। চিনি বা ইক্ষু শর্করা অবিজারক শর্করা। মলটোজ বিজারক শর্করা। ডাইস্যাকারাইডগুলি মিষ্টি স্বাদযুক্ত কেলাসাকার পদার্থ এবং জলে দ্রাব্য। ডাইস্যাকারাইডগুলির মধ্যে ইক্ষু শর্করা বা চিনি প্রকৃতিতে সবচেয়ে বেশি পরিমাণে পাওয়া যায়। এর পরের স্থানে আছে ল্যাকটোজ, যে কোন স্তন্যপায়ী জীবের দুধে পাওয়া যায়। আর মলটোজকে সয়াবিনে পাওয়া যায় অল্প পরিমাণে। আর সেলুলোজকে নিয়ন্ত্রিত আর্দ্র বিশ্লেষণে সেলিবাইয়োজ পাওয়া যায়।

ডাইস্যাকারাইডে উপস্থিত দুটি মনোস্যাকারাইড অংশ (Unit) দুটি অ্যাসিটাল বা গ্লাইকোসাইডে পরিণত হয়ে থাকে। এতে একটি মনোস্যাকারাইডের গ্লাইকো- সাইডিক হাইড্রক্সিল মূলকের সঙ্গে অপর মনোস্যাকারাইডের যে কোন একটি হাইড্রক্সিল মূলকের মধ্যে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে ডাইস্যাকারাইড উৎপন্ন হয়। যখন দুটি মনো- স্যাকারাইড অংশের প্রত্যেকটির গ্লাইকোসাইডিক হাইড্রক্সিল মূলকের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে যে ডাইস্যাকারাইড পাওয়া যায় তাকে অবিজারক শর্করা বলে। এই রকম ডাইস্যাকারাইডে বিজারক অংশ থাকে না। যেমন চিনি (ইক্ষু শর্করা) একটি অবিজারক শর্করা। আবার একটি মনোস্যাকারাইড অংশের গ্লাইকোসাইডিক হাইড্রক্সিল মূলকের সঙ্গে অপর মনোস্যাকারাইড অংশের গ্লাইকোসাইডিক হাইড্রক্সিল ব্যতীত অপর যে কোন একটি হাইড্রক্সিল মূলকের মধ্যে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে যে ডাইস্যাকারাইড পাওয়া যায় তাকে বিজারক ডাইস্যাকারাইড বলে। কারণ এই ডাই-

স্যাকারাইড অণুতে তখনও একটি গ্লাইকোসাইডিক হাইড্রক্সিল মুক্ত অবস্থায় বর্তমান থাকে। যেমন মলটোজে।

α-D-গ্লুকোপাইরানোজ β-D-ফ্রুকটোফুরানোজ $\xrightleftharpoons{-H_2O}$ α-D-গ্লুকোসাইডাইল β-D-ফ্রুকটোজ বা চিনি বা সুক্রোজ

α-D-গ্লুকোপাইরানোজ β-D-গ্লুকোপাইরানোজ $\xrightleftharpoons{-H_2O}$ β-4(D) গ্লুকোপাইরানোসাইডাইল α (D) গ্লুকোপাইরানোসাইড বা মলটোজ

সুক্রোজ, ইক্ষু শর্করা, চিনি (Sucrose, Cane sugar, Sugar) $C_{12}H_{22}O_{11}$: আখ থেকে সাধারণত সুক্রোজ বা চিনি প্রস্তুত করা হয়। অবশ্য জার্মানীতে বীট (Beet) থেকে সুক্রোজ প্রস্তুত করা হয়। ভারতবর্ষে চিনির ব্যবহারে বেশ প্রাচীন। দৈনন্দিন ব্যবহারে চিনি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ স্থান অধিকার করে আছে।

শিল্পোৎপাদন : গ্রীষ্ম প্রধান দেশে আখ থেকে চিনি প্রস্তুত করা হয়। জার্মানীতে (শীত প্রধান দেশে) বীট থেকে চিনি প্রস্তুত করা হয়। নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় আখ থেকে চিনি প্রস্তুত করা হয়।

(1) আখ থেকে রস নিষ্কাশন : চাষের জমি থেকে পরিণত আখ কেটে তাড়াতাড়ি চিনির কলে পাঠান হয়। চিনির কলে আখকে টুকরো টুকরো করে কেটে রোলারে পিষে রস নিষ্কাশন করে নেওয়া হয়। উৎপন্ন আখের ছিবড়েতে জল ছিটিয়ে আবার রোলারের সাহায্যে অবশিষ্ট সুক্রোজকে নিষ্কাশন করা হয়। এখন আখের

যে ছিবড়ে পাওয়া যায় তাকে ব্যাগাসে (Bagasse) বলে, যা কলে জ্বালানী হিসেবে সাধারণত ব্যবহৃত হয়। অনেক জায়গায় ব্যাগাসে থেকে সেলোটেক্স নামে একরকম স্বচ্ছ কাগজ প্রস্তুত করা হয়। আখের এই রসে 14·25% সুক্রোজ থাকে। এছাড়া সামান্য জৈব অ্যাসিড, প্রোটিন, অজৈব লবণ ও রঞ্জন পদার্থ এবং অদ্রাব্য পদার্থ এই রসে পাওয়া যায়। এই রসকে কোন পাত্রে স্থির অবস্থায় রেখে অপেক্ষাকৃত ভারী অদ্রাব্য পদার্থকে থিতিয়ে ফেলে উপর থেকে রসকে পাম্প করে স্টিল ট্যাঙ্কে নেওয়া হয়।

ডেফিকেশান (Defication) : স্টিল ট্যাঙ্কে এই রসে 2·3% চুন মিশিয়ে বাষ্প দিয়ে গরম করা হয়। এতে জৈব অ্যাসিডগুলি অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম লবণে পরিণত এবং প্রোটিন ও রঞ্জন পদার্থগুলি তঞ্চনের (Coagulation) দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রাবণ করে এদের দূর করা হয় এবং প্রাপ্ত রসকে এরপর কার্বনেশান (Carbonation) করা হয়।

কার্বনেশান : পরিস্রুত রসের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাঠান হয়। এতে অতিরিক্ত চুন ক্যালসিয়াম কার্বনেট হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ক্যালসিয়াম সুক্রোসেট (চুন ও সুক্রোজ দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন) থেকে সুক্রোজকে মুক্ত করে এবং ক্যালসিয়ামকে ক্যালসিয়াম কার্বনেট হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করে। পরিস্রাবণ করে ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে দূর করা হয়।

বিরঞ্জিত করা (Decolourisation) : এই পরিস্রুত রসের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করা হয়। এই প্রক্রিয়াকে সালফাইটেশান (Sulphitation) বলে। সালফাইটেশানের ফলে রসের লালচে রং প্রায় চলে যায় এবং অবশিষ্ট চুনকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট হিসেবে সম্পূর্ণ অপসারিত করে। পরিস্রাবণ করে ক্যালসিয়াম সালফাইটকে অপসারিত করা হয়। অনেক দেশে রসের লালচে রংটা বিরঞ্জিত করার জন্য অস্থি অঙ্গার (Bone char) বা দলা পাকানো (Granulated) কার্বনের স্তরের মধ্য দিয়ে রস প্রবাহিত করে নেওয়া হয়।

রসকে গাঢ়ীকৃত করা এবং কেলাসিত করা (Concentration and crystallisation) : এই পরিষ্কার রসকে অনুপ্রেষ প্যানে (Vaccuum pan) নিয়ে বাষ্প দিয়ে উত্তপ্ত করে গাঢ় করা হয়। এই রকম অনুপ্রেষ প্যান পর পর অনেক কটা থাকে। একটা প্যানের বাষ্প পরবর্তী প্যানের রসকে উত্তপ্ত করে। পরে অপর একটি অনুপ্রেষ প্যানে এই গাঢ় রসকে নিয়ে বাষ্প দিয়ে উত্তপ্ত করে আরো গাঢ়

করা হয়, যতক্ষণ না পর্যন্ত কেলাসিত হতে আরম্ভ হয়। এই সময় এই গাঢ় রসকে একটি পাত্রে নিয়ে কেলাসিত করা হয়। কেলাসন সম্পূর্ণ হলে শেষ দ্রব (Mother liquor) সমেত চিনিকে (কেলাস) ম্যাসেকুইট (Massecuite) বলে। একে আল্ট্রাসেণ্ট্রিফিউজে (Ultra centrifuge) নিয়ে কেলাসের থেকে শেষ দ্রবকে পৃথক করা হয়। এই শেষ দ্রবকে চিটে গুড় (Molasses) বলে। প্রাপ্ত চিনিতে তখন একটা বাদামী রং এবং একটা বিশেষ গন্ধ থাকে। একে অবিশুদ্ধ চিনি (Raw sugar) বলে। এই চিনিকে আখের রসে গলিয়ে চুন যোগ করার পর কার্বনেশান এবং সালফাইটেশান করার পর অস্থি অঙ্গার স্তরের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করার পর গাঢ়ীকৃত করা হয়। এই গাঢ় রসকে কেলাসিত করলে বিশুদ্ধ বর্ণহীন ও গন্ধহীন চিনি পাওয়া যায়।

চিনি শিল্পে উৎপন্ন চিটেগুড় কোহল শিল্পে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া এটি গোখাদ্য হিসেবেও ব্যবহার করা হয়।

বীট থেকে ঃ পরিপুষ্ট বীটকে ধুয়ে পরিষ্কার করে পাতলা পাতলা করে কেটে জলে ফুটিয়ে রস নিষ্কাশিত করা হয়। এই রসে চুন যোগ করার পর কার্বনেশান করা হয়। পরে সালফাইটেশান ও গাঢ়ীকৃত করে চিনি কেলাসিত করা হয় (যেমন করা হয় আখের রস থেকে)।

ধর্ম ঃ চিনি মিষ্টি স্বাদযুক্ত বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 180°C। জলে দ্রাব্য। কোহলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু ইথারে অদ্রাব্য। চিনি বা সুক্রোজের জলীয় দ্রবণ ডান ঘূর্ণক পদার্থ। এর ধ্রুবণ ঘূর্ণাঙ্কের পরিমাণ $+66{\cdot}5°$। গলনাঙ্কের উপর চিনিকে উত্তপ্ত করলে এটি লালচে রঙের পদার্থে পরিণত হয়। একে ক্যারামেল (Caramel) বলে। চিনিতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে কালো হয়ে যায়। যাকে ধুয়ে শুকিয়ে নিলে বিশুদ্ধ কার্বন পাওয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) সুক্রোজ বা চিনি অবিজারক শর্করা। কারণ এটি ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে না। অক্সিম, সায়ানোহাইড্রিন বা ওসাজোন ইত্যাদি সুক্রোজ উৎপন্ন করে না এবং সুক্রোজ মিউটারোটেশান দেখায় না। অতএব সুক্রোজে অবস্থিত গ্লুকোজ অংশের অ্যালডিহাইড এবং ফ্রুকটোজ অংশের কিটো মূলক মুক্ত অবস্থায় নেই।

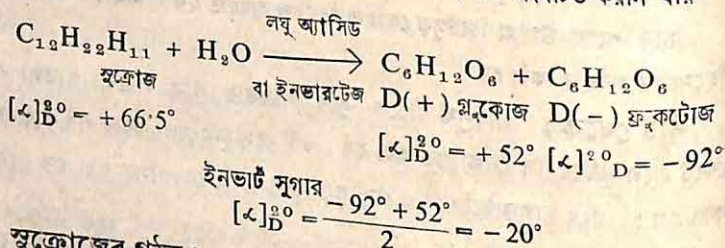
(2) সুক্রোজের সঙ্গে কলিচুনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সুক্রোসেট $C_{12}H_{22}O_{11}\cdot 3CaO\cdot 6H_2O$ পাওয়া যায়। স্ট্রনসিয়াম ও বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে অনুরূপ সুক্রোসেট উৎপন্ন করে।

(3) সুক্রোজকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে সমাণবিক পরিমাণে D(+) গ্লুকোজ এবং D(−) ফ্রুকটোজ পাওয়া যায়। সুক্রোজ ডান ঘূর্ণক পদার্থ ([∝D] = +66·5°)। সুক্রোজের আর্দ্র বিশ্লেষণ চলাকালে সমবর্তিত আলোক রশ্মির ঘূর্ণন ডান দিক থেকে বাঁ দিকে পরিবর্তিত হয়। কারণ উৎপন্ন ফ্রুকটোজ সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলকে গ্লুকোজের ডান দিকে ঘোরানো কোণের পরিমাণ থেকে অনেক বেশি বাঁ দিকে ঘোরাতে পারে। যা সহজে পোলারিস্কোপ যন্ত্র দিয়ে লক্ষ্য করা যায়। আর সমবর্তিত আলোক রশ্মির তলের ঘূর্ণনের দিকে পরিবর্তনের জন্য এই সুক্রোজকে ইনভারটেড সুগার (Inverted sugar) বলে এবং এই প্রক্রিয়াকে ·চিনির ইনভারশান (Inversion of cane sugar) বলে। এই ইনভারশান ইনভারটেজ (Invertase) নামে উৎসেচক দিয়ে সংঘটিত করান যায়।

$$\underset{\text{সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}H_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{বা ইনভারটেজ}]{\text{লঘু অ্যাসিড}} \underset{\text{D(+) গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D(−) ফ্রুকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$[\alpha]_D^{20} = +66{\cdot}5^\circ \qquad [\alpha]_D^{20} = +52^\circ \quad [\alpha]^{20}{}_D = -92^\circ$$

ইনভার্ট সুগার

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{-92^\circ + 52^\circ}{2} = -20^\circ$$

সুক্রোজের গঠন : (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ এবং আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, সুক্রোজের আণবিক সংকেত $C_{12}H_{22}O_{11}$।

(2) সুক্রোজ হলো ডাই-স্যাকারাইড। কারণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে সুক্রোজকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে সমাণবিক পরিমাণে D(+) গ্লুকোজ এবং D(−) ফ্রুকটোজ পাওয়া যায়।

(3) গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজ উভয়েই বিজারক শর্করা এবং প্রত্যেকে ফেলিং দ্রবণ এবং টলেন বিকারককে বিজারিত করতে পারে। কিন্তু আর্দ্র বিশ্লেষণের আগে সুক্রোজে এমন কোন বিক্রিয়া দেখায় না যাতে বোঝা যায় এতে কার্বনিল মূলক আছে।

(4) যেহেতু সুক্রোজ অবিজারক শর্করা, অতএব সুক্রোজে গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজ অংশ দুটি পরস্পরের সঙ্গে বিজারক মূলকের (গ্লাইকোসাইডিক হাইড্রক্সিল মূলক) মাধ্যমে সংযুক্ত। এই দুটি অংশে ত্রিমাত্রিক সংযোগ চারভাবে হতে পারে। যেমন

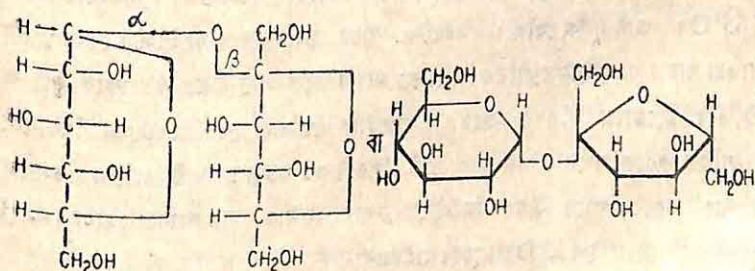
∝(D) গ্লুকোসাইডাইল ∝(D) ফ্রুকটোসাইড
∝(D) " β(D) "
β(D) " ∝(D) "
β(D) " β(D) "

প্রমাণ যা পাওয়া যায় তাতে বলা যায় যে, সুক্রোজে α গ্লুকোজ β ফ্রুকটোজের সঙ্গে সংযুক্ত আছে।

(5) সুক্রোজকে সম্পূর্ণভাবে মেথিলেশান করলে এর থেকে অক্টা-মিথাইল সুক্রোজ পাওয়া যায়। যাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে টেট্রামিথাইল গ্লুকোজ এবং টেট্রামিথাইল ফ্রুকটোজ পাওয়া যায়। টেট্রামিথাইল গ্লুকোজকে জারিত করলে জাইলো ট্রাইমিথক্সিগ্লুটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। অতএব এটি অবশ্যই 2 : 3 : 4 : 6 টেট্রামিথাইল গ্লুকোজ এবং ছয় সদস্য বিশিষ্ট (পাইরানোজ)। অপরপক্ষে টেট্রা-মিথাইল ফ্রুকটোজকে জারিত করলে বাম ঘূর্ণক ডাইমিথক্সি সার্কসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায় এবং গ্লুটারিক অ্যাসিড জাতক পাওয়া যায় না। সুতরাং এটি হবে 1 : 3 : 4 : 6 টেট্রামিথাইল ফ্রুকটোজ এবং পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট (ফুরানোজ)।

(6) মলটেজ (Maltase) সুক্রোজকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করতে পারে। অতএব সুক্রোজে α-সংযোগ আছে এবং যেহেতু আর্দ্র বিশ্লেষণে উৎপন্ন গ্লুকোজের মিউটা-রোটেশান কমের দিকে হয়, অতএব এর থেকে বলা যায় যে আর্দ্র বিশ্লেষণে প্রথমে α গ্লুকোজ উৎপন্ন হয়।

যে উৎসেচক β মিথাইল ফ্রুকটোসাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করতে পারে, সেটি সুক্রোজকেও আর্দ্র বিশ্লেষিত করতে পারে। অতএব সুক্রোজে অবস্থিত ফ্রুকটোজ অংশটি β রূপে আছে।

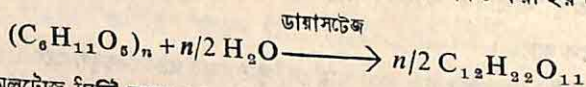
উপরোক্ত যুক্তিগুলির সাহায্যে বলা যায় যে, সুক্রোজের গঠন নিম্নরূপ হবে।

সংশ্লেষণ দিয়ে সুক্রোজের এই গঠনকে সুনির্দিষ্টভাবে প্রমাণ করা যায়। 1 : 2 অ্যানহাইড্রো α(D) গ্লুকোপাইরানোজ ট্রাই-অ্যাসিটেট এবং 1 : 3 : 4 : 6 টেট্রা O-অ্যাসিটাইল (D) ফ্রুকটোফুরানোজকে সীল করা টিউবে নিয়ে উত্তপ্ত করলে যে উৎপন্ন পদার্থ পাওয়া যায় তাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে সুক্রোজ পাওয়া যায়।

ব্যবহার : চা, কফি এবং খাদ্যদ্রব্যকে মিষ্টি করতে চিনি ব্যবহৃত হয়।

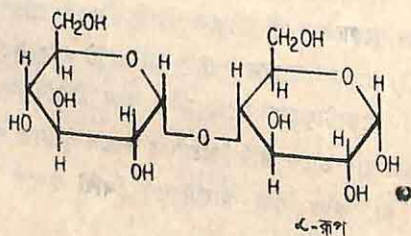
এছাড়া জ্যাম, জেলী আচারে, শীতল পানীয় প্রস্তুতিতে এবং মিষ্টান্ন প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে চিনি ব্যবহৃত হয়। বিশেষ ধরনের কাগজ ও আঠা প্রস্তুতিতেও চিনি ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

সনাক্তকরণ: (1) ফেলিং বা টলেন বিকারককে সুক্রোজ বিজারিত করতে পারে না। তবে চিনিকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে উৎপন্ন পদার্থ ফেলিং বা টলেন বিকারককে বিজারিত করতে পারে। (2) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে চিনি কালো হয়ে যায়। (3) চিনি ওসাজোন বা সায়ানো-হাইড্রিন বা অক্সিম উৎপন্ন করে না।

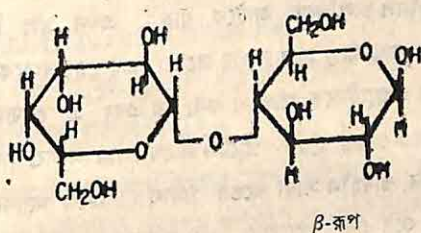
মলটোজ (Maltose) **বা মল্ট সুগার** (Malt sugar) $C_{12}C_{22}O_{11}$: শ্বেতসার সমৃদ্ধ শস্যদানা বা আলুকে অধিক তাপে বাষ্প দিয়ে সেদ্ধ করে, শ্বেতসারকে (Starch) আলাদা করে, জল দিয়ে দিয়ে কোলয়ডাল দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। একে ম্যাশ (Mash) বলে। 51°C-এ ম্যাশের সঙ্গে মল্ট গুড়ো মেশালে, মল্টে অবস্থিত উৎসেচক ডায়াসটেজ শ্বেতসারের উপর বিক্রিয়া করে একে মলটোজে পরিণত করে। এই বিক্রিয়ায় কিছুটা ডেক্সট্রিনও পাওয়া যায়। মলটোজ জলে দ্রাব্য। শ্বেতসারকে মলটোজে পরিণত করার পর ডায়াসটেজকে উত্তপ্ত করে বিনষ্ট করা হয়।

$$(C_6H_{11}O_5)_n + n/2\,H_2O \xrightarrow{\text{ডায়াসটেজ}} n/2\,C_{12}H_{22}O_{11}$$

মলটোজ মিষ্টি স্বাদযুক্ত সাদা কেলাসাকার পদার্থ। জলে দ্রাব্য। গলনাঙ্ক 160°-165°C। ডান ঘূর্ণক যৌগ। মলটেজ নামে উৎসেচক (যা ঈস্টের কোষ প্রাচীরে পাওয়া যায়) বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মলটোজকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে দুই অণু D(+) গ্লুকোজে পরিণত করে। মলটোজ ফেলিং দ্রবণ বা টলেন বিকারককে বিজারিত করতে পারে। অতএব এটি বিজারক শর্করা। এটি অক্সিম, ওসাজোন উৎপন্ন করতে পারে এবং মিউটারোটেশান দেখায়। মলটোজ হলো 4∝(D) গ্লুকোপাইরানোসাইল ∝(D) গ্লুকোপাইরানোসাইড।

CH2OH, H, O, H, H, OH, HO, H, O, H, OH, CH2OH, H, O, H, H, OH, H, OH, H, OH

∝-রূপ

ল্যাকটোজ, মিল্ক সুগার (Lactose, Milk sugar) $C_{12}H_{22}O_{11}$ ঃ স্তন্যপায়ী জীবের দুধে ল্যাকটোজ পাওয়া যায়। যার থেকে এর নামকরণ হয়েছে ল্যাকটোজ। দুধের ঘোল বা ছানার জল থেকে ল্যাকটোজ প্রস্তুত করা হয়।

ল্যাকটোজ মিষ্টি স্বাদযুক্ত সাদা কেলাসাকার পদার্থ। জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ ডান ঘূর্ণক পদার্থ। গলনাঙ্ক 203°C। অ্যাসিড বা ল্যাকটেজ (Lactase) নামে এক প্রকার উৎসেচক দিয়ে ল্যাকটোজকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে সমাণবিক পরিমাণে D(+) গ্লুকোজ এবং D(+) গ্যালাকটোজ পাওয়া যায়। ল্যাকটোজ বিজারক শর্করা এবং অক্সিম, সায়ানোহাইড্রিন, ওসাজোন ইত্যাদি উৎপন্ন করে এবং মিউটারোটেশান দেখায়। দু রকমের ল্যাকটোজ পাওয়া যায় α ও β।

β-রূপ

পলিস্যাকারাইড সমূহ (Polysaccharides)

পলিস্যাকারাইডগুলি অনেকগুলি শর্করা একক (Unit) দিয়ে গঠিত। এদের আণবিক গুরুত্ব খুবই বেশি এবং সাধারণত জলে অদ্রাব্য। এগুলি মনোস্যাকারাইডের বহুলক (Polymer) এবং একটি মনোস্যাকারাইড এককের গ্লাইকোসাইডিক যোজক দিয়ে অপরটির সঙ্গে যুক্ত।

পলিস্যাকারাইডগুলিকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে অনেক অণু মনোস্যাকারাইড পাওয়া যায় এবং কিছু কিছু ক্ষেত্রে ডাইস্যাকারাইডও পাওয়া যায়। এছাড়া অন্য যৌগ বস্তুও পাওয়া যায়। পলিস্যাকারাইডগুলি সাধারণত গাছের থেকে পাওয়া যায়। শ্বেতসার (Starch) এবং সেলুলোজ (Cellulose) হলো নিতান্ত প্রয়োজনীয় পলিস্যাকারাইড।

শ্বেতসার, অ্যামাইলাম (Starch, Amylum) $(C_6H_{10}O_5)_n$ ঃ গাছই হলো শ্বেতসারের উৎস। যেমন, আলু, চাল, গম, জোয়ার, ভুট্টা ইত্যাদিতে শ্বেতসার থাকে। দলার আকারে শ্বেতসার ঐ সব বস্তুতে থাকে এবং একটি কেন্দ্রের চারিপাশে পাতলা স্তরে সঞ্চিত হয়ে থাকে। ঐ সব দানা শ্বেতসারের আকৃতি ও

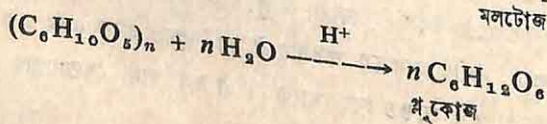
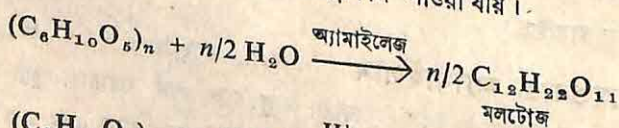
আকার উৎসের উপর নির্ভরশীল। অ্যারারুট, সাগু, রাঙা আলু, ট্যাপিওকা দানা, সটী ইত্যাদিতেও প্রচুর পরিমাণে শ্বেতসার পাওয়া যায়।

শিল্পোৎপাদন : বিভিন্ন দেশে বিভিন্ন বস্তু থেকে শ্বেতসার প্রস্তুত করা হয়। যেমন ইউরোপে আলু থেকে, জাপানে চাল থেকে এবং আমেরিকায় ভুট্টা থেকে শ্বেতসার প্রস্তুত করা হয়ে থাকে। ঐ সকল বস্তুতে শ্বেতসারের সঙ্গে সেলুলোজ, প্রোটিন এবং তেল থাকে। এগুলিকে অপসারিত করা হয়। শ্বেতসার সমৃদ্ধ শস্য-দানাকে জলে গরম করলে শস্যদানার খোসা জলের সঙ্গে ভেসে ওঠে এবং শ্বেতসার জলের তলায় জমা হয়। এই শ্বেতসারকে গুড়ো করে প্রচুর জলের সঙ্গে মিশিয়ে সূক্ষ্ম চালুনির সাহায্যে ছাঁকা হয়। এতে জলের সঙ্গে শ্বেতসার বার হয়ে যায় এবং খোসা ও অন্যান্য জিনিস চালুনিতে আটকে যায়। এখন জল মিশ্রিত শ্বেতসারকে রেখে দিলে শ্বেতসার অধঃক্ষিপ্ত হয়ে তলায় জমে। এই শ্বেতসারকে নিয়ে সেন্ট্রিফিউস করে অধিকাংশ জল ও গ্লুটেনকে আলাদা করা হয় এবং ঐ শ্বেতসারের উপর গরম বাতাস চালিয়ে শুকিয়ে নেওয়া হয়। গ্লুটেন ও শ্বেতসার অত্যন্ত প্রয়োজনীয় খাদ্যবস্তু।

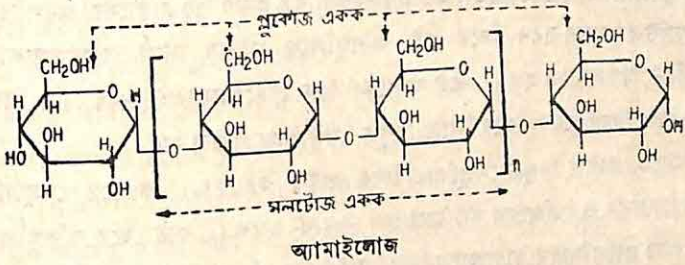
শ্বেতসার গন্ধহীন, স্বাদহীন সাদা রঙের পদার্থ। জলে অদ্রাব্য। জলে ভেজালে শ্বেতসার দানা ফুলে ওঠে এবং সেলুলোজ দিয়ে গঠিত বহিরাবরণ ফেটে গিয়ে শ্বেতসার বার হয়ে আসে। দ্রবণটি এতে ঘোলা হয়ে যায় এবং ঠাণ্ডায় শ্বেতসার পেস্টের (Paste) মত হয়ে পড়ে।

এই শ্বেতসার দুরকম পদার্থ দিয়ে গঠিত। একটি α অ্যামাইলোজ বা A অংশ এবং অপরটি β অ্যামাইলোজ বা অ্যামাইলোপেক্টিন (Amylopectin) বা B অংশ। শ্বেতসারে α অ্যামাইলোজ 10—20% থাকে এবং অবশিষ্ট অ্যামাইলোপেক্টিন। α-অ্যামাইলোজ জলে দ্রবণীয় এবং এতে আয়োডিন দ্রবণ যোগ করলে নীল রং হয়। অ্যামাইলোপেক্টিন জলে অদ্রবণীয় এবং আয়োডিন দ্রবণের সঙ্গে বেগুনী রং হয়। α অ্যামাইলোজ এবং অ্যামাইলোপেক্টিন উভয়েই অ্যামাইলেজ (Amylase) (ডায়াসটেজ) নামে উৎসেচক দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে মলটোজ উৎপন্ন করে। কিন্তু অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে α গ্লুকোজ পাওয়া যায়।

$$(C_6H_{10}O_5)_n + n/2\, H_2O \xrightarrow{\text{অ্যামাইলেজ}} \underset{\text{মলটোজ}}{n/2\, C_{12}H_{22}O_{11}}$$

$$(C_6H_{10}O_5)_n + n\, H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{n\, C_6H_{12}O_6}$$

α অ্যামাইলোজে গ্লুকোজ এককগুলি 1, 4 গ্লাইকোসাইডিক সংযোগের দ্বারা সরল শৃঙ্খলে থাকে। α অ্যামাইলোজের আণবিক গুরুত্ব 10,000—50,000, অ্যামাইলো-পেক্টিনের 50,000—100,000।

গ্লুকোজ একক

মলটোজ একক

অ্যামাইলোজ

অ্যামাইলোপেক্টিনের গঠন অ্যামাইলোজের মত, তবে 25-30টি গ্লুকোজ একক সরল শৃঙ্খলে থাকার পর শাখাযুক্ত গ্লুকোজ এককের শৃঙ্খল থাকে। এই শাখা 1, 6 গ্লাইকোসাইডিক সংযোগের দ্বারা সৃষ্টি হয়।

ব্যবহার : আমাদের খাদ্যতালিকায় শ্বেতসার প্রধান অংশ জুড়ে আছে। যেমন ভাত, রুটি, আলু ইত্যাদি। এছাড়া কাগজ ও কাপড় শিল্পে প্রচুর পরিমাণে শ্বেতসার প্রয়োজন হয়। পাওয়ার কোহল, গ্লুকোজ এবং সিরাপ প্রস্তুতিতে শ্বেতসার প্রচুর লাগে। প্রসাধন পাউডার এবং বিস্ফোরক প্রস্তুতিতেও শ্বেতসার প্রয়োজন হয়।

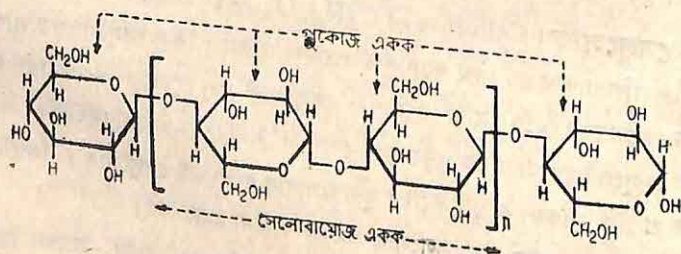
সনাক্তকরণ : ফেলিং দ্রবণকে শ্বেতসার বিজারিত করতে পারে না। শ্বেতসারে আয়োডিন দ্রবণ যোগ করলে নীলচে বেগুনী রঙ হয়। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে গ্লুকোজ পাওয়া যায়, যা ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে।

সেলুলোজ (Cellulose) ($C_6H_{20}O_5$)$_n$: শ্বেতসারের মত সেলুলোজও একটি পলিস্যাকারাইড। দুই বস্তুর স্থূল সংক্ষেপ অভিন্ন। কিন্তু সেলুলোজের আণবিক গঠন শ্বেতসারের থেকে অনেক জটিল। সেলুলোজ অণু গ্লুকোজ একক দিয়ে গঠিত এবং সেলুলোজের আণবিক গুরুত্ব খুবই বেশি (300,000—500,000)। গাছের কোষ প্রাচীর, শেকড়, কাণ্ড ইত্যাদির মুখ্য উপাদান হলো এই সেলুলোজ। লিগনিনের (Lignin) সঙ্গে যুক্ত হয়ে সেলুলোজ গাছের কাঠিন্য এনে দেয়।

সেলুলোজের প্রধান উৎস হলো কাঠ, বেত, পাট, শণ, তুলো, আখের ছিবড়ে, খড় বিচুলি ইত্যাদি। এদের মধ্যে কার্পাস তুলো প্রায় 92% সেলুলোজ দিয়ে গঠিত।

প্রস্তুতি ঃ তুলোর আঁশ থেকে প্রায় বিশুদ্ধ সেলুলোজ পাওয়া যায়। এই তুলোর আঁশে জলীয় অংশ এবং অল্প পরিমাণে তেল থাকে। অবশ্য এতে রঞ্জন বস্তু ও হেমিসেলুলোজ অল্প পরিমাণে থাকে। কোহল ও বেনজিন মিশ্রণ দিয়ে তুলোর আঁশ থেকে তেল ইত্যাদি অপসারিত করার পর বাতাসের অনুপস্থিতিতে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে এই আঁশগুলিকে ফুটিয়ে নিলে হেমিসেলুলোজ ও পেকটিন অপসারিত হয়। এই আঁশকে এখন হাইপোক্লোরাইট দ্রবণ দিয়ে বিরঞ্জিত করে, জল দিয়ে ধুয়ে শুকিয়ে নিলে বিশুদ্ধ সেলুলোজ পাওয়া যায়।

ভালো কাগজ বিশুদ্ধ সেলুলোজ দিয়ে প্রস্তুত করা হয়। কাঠেতে সেলুলোজের সঙ্গে লিগনিন ও রেজিনের মত আঠালো পদার্থ থাকে। কাঠ থেকে আঁশগুলি চেঁচে বার করে ক্যালসিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট দ্রবণ দিয়ে উচ্চ চাপে গরম করা হয়। এতে সেলুলোজ তন্তুগুলি অদ্রাব্য পদার্থ হিসেবে বার হয়ে আসে। যাকে ধুয়ে জল বার করে দিলে বিশুদ্ধ সেলুলোজ পাওয়া যায়।

সেলুলোজ জলে অদ্রাব্য সাদা রঙের পদার্থ। সেলুলোজের গলনাঙ্ক নেই। কারণ উত্তাপে সেলুলোজ পুড়ে যায়। আমোনিয়াকৃত কপার হাইড্রক্সাইড দ্রবণে সেলুলোজ দ্রাব্য। সেলুলোজকে নিয়ন্ত্রিত আর্দ্র বিশ্লেষণে সেলোবায়োজ পাওয়া যায়। এছাড়া সেলোট্রাইয়োজ ও সেলোটেট্রোজ পাওয়া যায়। সেলুলোজের আর্দ্র বিশ্লেষণে সাধারণত β-D-(+) গ্লুকোজ পাওয়া যায়। অতএব সেলুলোজ অণু β গ্লুকোজ একক দিয়ে গঠিত এবং এতে সেলোবায়োজ এককও থাকে। গ্লুকোজ এককগুলি সরল শৃঙ্খলে থাকে। এইরকম পাশাপাশি অবস্থিত দুটি সরল শৃঙ্খল অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন পরমাণু ও হাইড্রক্সিল মূলকের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনী থাকে। এতে সেলুলোজ তন্তু শক্তিশালী হয়। সেলুলোজে β গ্লুকোজ এককগুলি 1, 4 গ্লাইকোসাইডিক সংযোগে যুক্ত থাকে, যেমন সেলোবায়োজে থাকে।

সেলুলোজ অণু

ব্যবহার ঃ তুলো (যেটি প্রায় বিশুদ্ধ সেলুলোজ) থেকে কাপড় প্রস্তুত করা

হয়। এছাড়া কাঠ, শণ, পাট, ইত্যাদির থেকে কাগজ মণ্ড ও কাগজ প্রস্তুত করা
হয়। তুলো থেকে কৃত্রিম রেশম, সেলুলোজ অ্যাসিটেট (যা সিনেমার ফিল্ম, স্বচ্ছ
অভঙ্গুর ফিল্ম ইত্যাদি প্রস্তুতিতে), সেলুলোজ নাইট্রেট (বিস্ফোরক এবং রং ও
ল্যাকার হিসেবে), পাওয়ার কোহল, সেলোফেন নামে স্বচ্ছ পাতলা কাগজ প্রস্তুতিতে
প্রচুর পরিমাণে সেলুলোজের প্রয়োজন হয়।

এছাড়া ঘাস, খড়, বিচুলি, গাছপাতা ইত্যাদি যাতে প্রচুর পরিমাণে সেলুলোজ
থাকে তা গোখাদ্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়। গরু, মোষ, ছাগল, ইত্যাদি জন্তুর পাচক
তন্ত্রে (Digestive system) সেলুলেজ নামে উৎসেচক থাকে। যারা সেলুলোজকে
গ্লুকোজে পরিণত করতে পারে। মানুষের পাচক তন্ত্রে এইরকম কোন উৎসেচক না
থাকায় ঘাস, খড়, বিচুলি ইত্যাদি মানুষ খাদ্য হিসাবে ব্যবহার করতে পারে না।

কৃত্রিম সিল্ক: কৃত্রিম সিল্ককে রেয়ন (Rayon) বলে। রেয়ন চার
রকম হতে পারে—যেমন (i) সেলুলোজ নাইট্রেট, (ii) সেলুলোজ অ্যাসিটেট
(iii) কিউপ্র্যামোনিয়াম রেয়ন এবং (iv) ভিস্কোজ রেয়ন।

(i) **সেলুলোজ নাইট্রেট** (Cellulose nitrates): সেলুলোজকে ঘন
নাইট্রিক এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দিয়ে নাইট্রেশান করলে সেলুলোজ
অণুতে অবস্থিত গ্লুকোজ এককগুলির তিনটি হাইড্রক্সিল মূলক নাইট্রেট এস্টারে
পরিণত হয়। এই ট্রাইনাইট্রেট এস্টারকে গান কটন (Gun cotton) বলে।
গান কটন কোহল ও ইথারে অদ্রাব্য এবং বিস্ফোরক হিসেবে ও ধোঁয়াহীন পাউডার
প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

সেলুলোজকে অপেক্ষাকৃত তরল নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দিয়ে
নাইট্রেশান করলে সেলুলোজে অবস্থিত গ্লুকোজ এককের একটি বা দুটি হাইড্রক্সিল
মূলক নাইট্রেট এস্টারে পরিণত হয়। একে পাইরক্সিলিন (Pyroxylin) বলে।
এটি দাহ্য হলেও বিস্ফোরক পদার্থ নয়। পাইরক্সিলিন ইথার কোহল মিশ্রণে দ্রাব্য
যাকে সেলোডিয়ান (Cellodian) বলে, যা খুব তাড়াতাড়ি শুকিয়ে যায় এবং এটি
ল্যাকার হিসেবে ব্যবহৃত হয়। কর্পূরের সঙ্গে পাইরক্সিলিনকে উত্তপ্ত করলে অতি
প্রয়োজনীয় প্লাস্টিক সেলুলয়েড (Celluloid) পাওয়া যায়।

(ii) **সেলুলোজ অ্যাসিটেট** (Cellulose acetate): গ্লেসিয়াল
অ্যাসিটিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সেলুলোজের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের
বিক্রিয়ায় সেলুলোজ মনো বা ডাই অ্যাসিটেট এস্টার পাওয়া যায়। সেলুলোজ

অ্যাসিটেটগুলি জলে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যাসিটোন, ক্লোরোফর্মে দ্রাব্য। সেলুলোজ অ্যাসিটেটকে অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করে, বিশেষ প্রক্রিয়ায় সরু সুতোয় পরিণত করা যায়। একে অ্যাসিটেট রেয়ন বলে। এত সহজে আগুন ধরে না। এর থেকে সিনেমার ফিল্ম, ফটোফিল্ম, স্বচ্ছ কাচের মত জিনিস এবং ল্যাকার প্রস্তুত করা হয়।

(iii) **কিউপ্র্যামোনিয়াম রেয়ন :** সেলুলোজকে অ্যামোনিয়াকৃত কপার হাইড্রক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত করে বিশেষ প্রক্রিয়ায় এই দ্রবণ থেকে সরু সুতো প্রস্তুত করা হয়। একে কৃত্রিম সিল্ক বলে। এই সিল্ক বেশ সস্তায় প্রস্তুত করা যায়।

(vi) **ভিস্কোজ রেয়ন** (Vicose rayon) : সেলুলোজকে কস্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত করে কার্বন ডাই-সালফাইড যোগ করলে একরকম সান্দ্র তরল (Vicous liquid) পাওয়া যায়। যাকে জ্যানথেট (Xanthate) বলে। এই সান্দ্র জ্যানথেট তরল থেকে বিশেষ প্রক্রিয়ায় কৃত্রিম সুতো প্রস্তুত করা যায়। যাকে ভিস্কোজ রেয়ন বলে। এই রেয়ন থেকে রেয়ন বস্ত্র প্রস্তুত করা হয়। এই জ্যানথেট তরল থেকে বিশেষ প্রক্রিয়ায় পাতলা স্বচ্ছ কাগজের মত জিনিস প্রস্তুত করা যায় যাকে সেলোফেন (Cellophane) বলে।

প্রশ্নাবলী

1. কার্বোহাইড্রেট কাকে বলে ? কার্বোহাইড্রেটের শ্রেণীবিভাগ কর।
2. প্রকৃতিতে প্রাপ্ত একটি অ্যালডোজ এবং একটি কিটোজ-এর নাম বল।
3. কি করে পরিবর্তন করা যায় ?
   (i) অ্যালডোজকে এপিমেরিক অ্যালডোজে পরিবর্তন
   (ii) নিম্নতর অ্যালডোজকে উচ্চতর অ্যালডোজে
   (iii) উচ্চতর অ্যালডোজকে নিম্নতর অ্যালডোজে
   (iv) অ্যালডোজকে কিটোজে এবং কিটোজকে অ্যালডোজে
4. গ্লুকোজের গঠন নিরূপণ কর।
5. গ্লুকোজকে কি করে প্রস্তুত করা হয় ? গ্লুকোজের পরীক্ষা কি ?
6. গ্লুকোজের বৃত্তাকার গঠন সম্বন্ধে আলোচনা কর।
7. গ্লুকোজের বিন্যাস নিরূপণ কর। গ্লুকোজের পরিমাণ কিভাবে নির্ণয় করা হয় ?

8. ফ্রুকটোজকে লিভুলোজ বলা হয় কেন? ফ্রুকটোজকে কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? এটি কি কাজে লাগে?
9. ফ্রুকটোজের গঠন বিন্যাস নির্ণয় কর। ফ্রুকটোজের পরিমাণ কিভাবে নির্ণয় করা হয়?
10. ফ্রুকটোজের গঠন কিভাবে নিরূপণ করা হয়?
11. টীকা লেখ: (i) ওসাজোন (ii) লবরি দ্য ব্রুইন ভন একেস্টাইন পুনর্বিন্যাস (iii) এপিমেরাইজেশান (iv) গ্লুকোসাইড (v) মিউটা-রোটেশান।
12. মনোস্যাকারাইডের গঠন বিন্যাস আলোচনা কর।
13. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সঙ্গে গ্লুকোজের বিক্রিয়ায় শর্ত ও সমীকরণ সহ বর্ণনা কর: (i) Br_2/H_2O (ii) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড (iii) $C_6H_5 \cdot NHNH_2$ (iv) HCN (v) HI (vi) NH_2OH (vii) HNO_3 (viii) CH_3OH/HCl (ix) Na/Hg.
14. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সঙ্গে ফ্রুকটোজের বিক্রিয়ার শর্ত ও সমীকরণ সহ বর্ণনা কর—(i) Ac_2O (ii) $C_6H_5NH \cdot NH_2$ (iii) HCN (iv) CH_3OH/HCl (v) Na/Hg (vi) NH_2OH
15. ডাইস্যাকারাইড কাকে বলে? অবিজারক ও বিজারক শর্করা কি?
16. আখ থেকে কিভাবে চিনি উৎপাদন করা হয়? ইনভারটেড সুগার কি?
17. সুক্রোজের গঠন নিরূপণ কর। এই শর্করাকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়? সুক্রোজ কি কাজে লাগে?
18. টীকা লেখ: (i) মলটোজ (ii) ল্যাকটোজ (iii) শ্বেতসার (iv) সেলুলোজ (v) সেলুলোজ নাইট্রেট (vi) সেলুলোজ অ্যাসিটেট (vii) কিউপ্র্যামোনিয়াম রেয়ন (vii) ভিস্কোজ।

২৪

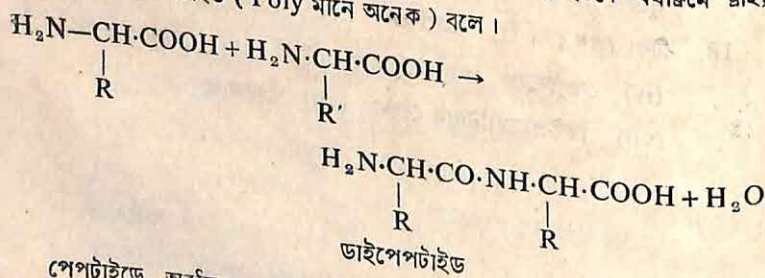
প্রোটিন ও পেপটাইড
Protins & Peptides

প্রোটিন হলো উচ্চ আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগ, যা জীবন্ত প্রাণী এবং উদ্ভিদে পাওয়া যায় এবং এরা এই প্রোটিনকে নিজেরা প্রস্তুত করে। উদ্ভিদের থেকে প্রাণীর দেহে বেশি প্রোটিন পাওয়া যায়। প্রাণীর দেহের পেশী, স্নায়ু, কোষকলা (Tissues), নখ, চুল, চামড়া, হিমোগ্লোবিন, ইনসুলিন ইত্যাদি প্রোটিন সমবায়ে প্রস্তুত। গাছের কোষে প্রোটোপ্লাজমে প্রোটিন পাওয়া যায়। এছাড়া প্রোটিনের অন্যান্য উদাহরণ হলো ডিমের সাদা অংশ (Egg albumen), দুধের কেসিঈন (Casein), জিলেটিন (Gelatine) ইত্যাদি। প্রোটিনে কার্বন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ছাড়াও সালফার ও ফসফরাস থাকতে পারে।

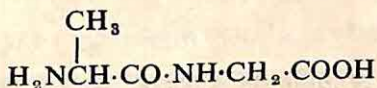
প্রোটিন ও পেপটাইডগুলির গঠন বৈশিষ্ট্য হলো যে, সরল শৃঙ্খল বা বৃত্তাকার অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি পরস্পরের সঙ্গে অ্যামাইড সংযোগের দ্বারা প্রোটিন এবং পেপটাইডগুলি সৃষ্টি হয়। পেপটাইডগুলির শৃঙ্খল যত সংখ্যক অ্যামাইনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত সেই সংখ্যা দিয়ে পেপটাইটগুলিকে শ্রেণী বিভাগ করা হয়। যেমন দুটি অ্যামাইনো অ্যাসিড দিয়ে গঠিত পেপটাইডকে ডাই-পেপটাইট, সেরকম তিন, চার এবং অনেকগুলি অ্যামাইনো অ্যাসিড দিয়ে গঠিত পেপটাইডকে যথাক্রমে ট্রাই, টেট্রা এবং পলিপেপটাইড (Poly মানে অনেক) বলে।

$$H_2N{-}\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}{\cdot}COOH + H_2N{\cdot}\underset{\displaystyle R'}{\underset{|}{CH}}{\cdot}COOH \rightarrow$$

$$H_2N{\cdot}\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}{\cdot}CO{\cdot}NH{\cdot}\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}{\cdot}COOH + H_2O$$

ডাইপেপটাইড

পেপটাইডে অবস্থিত –CONH-মূলকে পেপটাইড সংযোগ (Peptide linkage) বলে। পেপটাইডের যে প্রান্তে কার্বক্সিল মূলক মুক্ত অবস্থায় বর্তমান সেই অ্যামাইনো অ্যাসিডের জাতক (Derivative) হিসেবে পেপটাইডের নামকরণ

করা হয়। মুক্ত কার্বক্সিল মূলক বিশিষ্ট অ্যামাইনো অ্যাসিডকে C প্রান্তিয় অ্যাসিড এবং মুক্ত অ্যামাইনো মূলক বিশিষ্ট অ্যামাইনো অ্যাসিডকে N প্রান্তিয় অ্যাসিড বলে।

$$H_2N\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H{\cdot}CO{\cdot}NH{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

অ্যালানাইল গ্লাইসিন [C প্রান্তিয় অ্যাসিড হলো গ্লাইসিন এবং এই অ্যাসিডের জাতক হিসেবে এই ডাই-পেপটাইডের নামকরণ করা হয়েছে। আর N প্রান্তিয় অ্যাসিড হলো অ্যালানিন।]

পেপটাইডগুলিও নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগ, যা প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এবং কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত করা যায়।

প্রোটিন ও পেপটাইডের মধ্যে স্পষ্ট কোন পার্থক্য নেই। কেবল বলা হয় প্রোটিনের আণবিক গুরুত্ব খুব বেশি (5000-এর উপর) এবং প্রোটিন ও পেপটাইড-গুলির মধ্যে ভৌত ধর্মের যেমন জল সংযোগ (Hydration) এবং গঠন বিন্যাসের প্রভুত পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়। পেপটাইডের শৃঙ্খলের দৈর্ঘ্য কম হয় এবং জলীয় দ্রবণে জল সংযোগ পরাবর্তী (Reversible) ভাবে ঘটে। কিন্তু প্রোটিন শৃঙ্খলের দৈর্ঘ্য খুব বেশি এবং এই শৃঙ্খল বিশেষভাবে কুণ্ডলী আকার (Coiled) এবং ভাঁজ (Fold) অবস্থায় থাকতে পারে এবং এই আকারের মধ্যবর্তী অংশ জল দিয়ে পূর্ণ থাকে। তাপ বা দ্রাবকের প্রভাবে এই জল অপরাবর্তীভাবে (Irreversible) বেড়িয়ে গিয়ে শৃঙ্খলের গঠন বিন্যাসের পরিবর্তন ঘটায় এবং জলের পরিমাণও এতে কমে যায়। ফলে প্রোটিনের গঠন বিন্যাসের বিকৃতি (Denaturation) ঘটে।

বস্তুত পলিপেপটাইড শৃঙ্খলের বিশেষভাবে সংযোগের ফলে এবং শূন্যে অবস্থানের জন্য প্রোটিন শৃঙ্খলের উৎপত্তি।

প্রোটিনের শ্রেণীবিভাগ : দুভাবে প্রোটিনের শ্রেণীবিভাগ করা যায়। (1) রাসায়নিক ভিত্তিক (Chemical composition), (2) আণবিক গঠনাকার (Moleculer shape) ভিত্তিক।

1. রাসায়নিক গঠন ভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ আবার দু রকম হতে পারে—

(i) সরল প্রোটিন (Simple protein), (ii) অনুবন্ধ প্রোটিন (Conjugated protein)

(i) **সরল প্রোটিন :** যে প্রোটিন শৃঙ্খল কেবলমাত্র অ্যামাইনো অ্যাসিড দিয়ে এবং পেপটাইড সংযোগে সৃষ্টি, তাদের সরল প্রোটিন বলে। উদাহরণ—

অ্যালবুমিন (Albumins) ডিমের সাদা অংশ ; গ্লোবুলিন (Globulins)—সেরাম গ্লোবুলিন (Serum globulin), কোষকলা (Tissue) গ্লোবুলিন ; গ্লুটেনিন (Glutenins)—গমের গ্লুটেনিন।

(i) **অনুবন্ধ প্রোটিন :** যে প্রোটিন অণু অ্যামাইনো অ্যাসিড দিয়ে এবং পেপটাইড সংযোগে সৃষ্টি ছাড়াও অন্য কোন অপ্রোটিন বস্তুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে অনুবন্ধ প্রোটিন বলে এবং ঐ অপ্রোটিন বস্তুকে প্রোস্থেটিক মূলক (Prosthetic group) বা কোফ্যাক্টর (Cofactor) বলে। উদাহরণ—হিমোগ্লোবিন যাতে লোহার রঞ্জন পদার্থটি প্রোস্থেটিক মূলক। দুধের কেসিঈন যাতে ফসফোরিক অ্যাসিড হলো প্রোস্থেটিক মূলক।

2. আণবিক গঠনাকার ভিত্তিক প্রোটিনের শ্রেণীবিভাগ আবার দুরকম হতে পারে—(i) তন্তুময় বা তান্তব (Fibrous) প্রোটিন (ii) বর্তিকাকৃত (Globular) প্রোটিন।

(i) **তন্তুময় প্রোটিন :** এই শ্রেণীর প্রোটিনে পলিপেপটাইড শৃঙ্খলগুলি একে অন্যের সঙ্গে কুণ্ডলী পাকিয়ে থাকে এবং —NH— মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণু —CO— মূলকের অক্সিজেনের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনীর সাহায্যে যুক্ত থাকে। এই প্রোটিনের আকার তন্তুর মত হয়।

এই প্রোটিনগুলি জলে দ্রাব্য নয়। এই প্রোটিনের উদাহরণ রেশম, চুল, নখ, শিং ইত্যাদি।

(ii) **বর্তিকাকৃতি প্রোটিন :** এই প্রোটিনের অণুর আকৃতি প্রায় গোলাকার বর্তিকাকৃতির হয়। এই প্রোটিনের অণুতে পলিপেপটাইড শৃঙ্খলগুলি কুণ্ডলী পাকিয়ে এবং ভাঁজ হয়ে ঠাসা (Compact) অবস্থায় থাকে। পলিপেপটাইড অণুগুলিতে হাইড্রোজেন বন্ধনী থাকে। এই প্রোটিনের গঠন খুবই জটিল। এই প্রোটিনগুলি জলের সঙ্গে ছড়িয়ে (Dispersible) পড়ে। এই শ্রেণীর অনেক প্রোটিনেরই পলিপেপটাইড শৃঙ্খলগুলি বেশ অস্থায়ী এবং এদের গঠন বিন্যাস নির্ধারণ করা খুবই শক্ত, কারণ এই প্রোটিনের বিকৃতি সহজেই ঘটে। বর্তিকাকৃতি প্রোটিন জীবদেহের জীবন প্রবাহ সচল রাখতে এবং নিয়ন্ত্রণে সাহায্য করে। উদাহরণ :

ইনসুলিন—রক্তে শর্করার পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ করে।

হিমোগ্লোবিন—শরীরের বিভিন্ন অংশে অক্সিজেনের যোগান দেয়।

প্রোটিনের ধর্ম ঃ প্রোটিনগুলি সাধারণত কঠিন অনুদ্বায়ী উভধর্মী তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বা অ্যাম্ফোলাইট, যাদের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা বিয়োজন তাপমাত্রা নেই। প্রোটিনগুলি জলে দ্রাব্য বা অদ্রাব্য হতে পারে। অনেক প্রোটিন কোহল ও ইথারে অদ্রাব্য। আবার অনেক প্রোটিন লবণ জলে, অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবণে দ্রাব্য। তাপ, দ্রবণ, এক্স-রে-র প্রভাবে অনেক প্রোটিনের গঠনাকারের বিকৃতি ঘটে। যেমন তাপের প্রভাবে ডিমের সাদা অংশ, যেটি প্রোটিন তা, জমে কঠিনে পরিণত হয়, যাকে ঠাণ্ডা করলে আগের অবস্থায় ফেরে না। অর্থাৎ গঠনাকৃতির বিকৃতি ঘটে। দুধে অ্যাসিড যোগ করলে ছানা পাওয়া যায়। এটি দুধ প্রোটিন কেসিঈনের বিকৃতির একটি উদাহরণ। বিশুদ্ধ অবস্থায় অনেক প্রোটিনের কেলাসাকার গঠন হয়। প্রোটিনের জলীয় দ্রবণ বাম ঘূর্ণক হয়। কোলয়ডাল প্রোটিনও পাওয়া যায়। যাদের ডায়ালিসিস করে কেলাসাকার পদার্থ থেকে আলাদা করা হয়।

প্রোটিন অণুতে অ্যামাইনো ও কার্বক্সিল মূলক থাকে। কার্বক্সিল মূলকের প্রোটনটি অ্যামাইনো মূলক গ্রহণ করে অন্তঃস্থ লবণ বা জুইটারায়ন (Zwitterion) গঠন করে।

কোন একটি নির্দিষ্ট pH মাত্রায় প্রত্যেকটি প্রোটিনের অ্যানয়ন এবং ক্যাটায়ন হওয়ার প্রবণতা সমান থাকে। এক সমতড়িৎ বিন্দু (Isoelectric point) বলে। কেসিঈনের সমতড়িৎ বিন্দুর মান 4·6।

রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ (i) **লবণ গঠন ঃ** উভধর্মী তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ বলে প্রোটিনগুলি অন্তঃস্থ লবণ (Inner salt) গঠন করতে পারে। তাছাড়া অ্যাসিড ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায়ও লবণ উৎপন্ন হতে পারে।

(ii) **আর্দ্র বিশ্লেষণ ঃ** আর্দ্র বিশ্লেষণে প্রোটিনের অ্যামাইনো অ্যাসিড উপাদানগুলি মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সুতপ্ত জলীয় বাষ্প, বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড, উৎসেচক ইত্যাদি দিয়ে এই আর্দ্র বিশ্লেষণ করা হয়। আর্দ্র বিশ্লেষণে প্রাপ্ত অ্যামাইনো অ্যাসিডের মিশ্রণ থেকে ক্রোমাটোগ্রাফী পদ্ধতির সাহায্যে অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি পৃথক ও বিশুদ্ধ করা হয়। অনুবন্ধ প্রোটিনের আর্দ্র বিশ্লেষণে প্রোস্থেটিক মূলকগুলিও অ্যামাইনো অ্যাসিডের সঙ্গে পৃথক হয়ে যায়। আর্দ্র বিশ্লেষণ দিয়ে প্রোটিনের গঠন সম্বন্ধে অনেক কিছু বলা যায়।

(iii) **জারণ ঃ** দহন (Burning) বা পচনের (Putrefaction) দ্বারা প্রোটিনকে জারিত করা যায়। প্রোটিনের জারণে নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড

অ্যামিন, জল ইত্যাদি উৎপন্ন হয়। মৃত প্রাণীর দেহ থেকে যে পচা গন্ধ বার হয় তা আসলে জীবাণু দ্বারা প্রোটিনের জারণের ফলে হয়ে থাকে।

প্রোটিনের সনাক্তকরণের পরীক্ষাঃ (i) বাইইউরেট পরীক্ষা (Biuret test): প্রোটিনকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে ক্ষারক্ত করে কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করলে বেগুনী বা গোলাপী রঙ উৎপন্ন হয়। —NHCO— মূলক বিশিষ্ট যে কোন যৌগ এই পরীক্ষা দেয়।

(ii) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে প্রোটিনকে উত্তপ্ত করলে হলুদ রঙের সৃষ্টি হয়। তাতে ক্ষার দ্রবণ যোগ করলে কমলা রঙে পরিবর্তিত হয়। এই পরীক্ষাকে **জেনথোপ্রেটিক (Xanthopretic)** পরীক্ষা বলে। আমাদের চামড়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড পড়লে যে হলুদ ছাপ পড়ে তা এই বিক্রিয়ার জন্য হয়।

(iii) **মিলান পরীক্ষা** (Millon's test): মারকিউরাস এবং মারকিউরিক নাইট্রেটের নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণ প্রোটিনের সঙ্গে যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, যাকে উত্তপ্ত করলে লাল বা বেগুনী রঙের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

প্রশ্নাবলী

1. প্রোটিন ও পেপটাইড কি? প্রোটিন ও পেপটাইডের মধ্যে পার্থক্য কি? প্রোটিনের শ্রেণীবিভাগ কর।
2. প্রোটিনকে (i) আর্দ্র বিশ্লেষণ (ii) জারণ এবং (iii) উত্তপ্ত করলে কি পদার্থ উৎপন্ন হয়? প্রোটিনকে কিভাবে সনাক্ত করা হয়?

২৫

চর্বি, তেল এবং সাবান
Fats, Oils & Soaps

চর্বি ও তেল হলো গ্লিসারলের ট্রাইএস্টার বা গ্লিসারাইড এস্টার বা গ্লিসারাইল এস্টার। এই এস্টারগুলি সরল শৃঙ্খল বিশিষ্ট দৈর্ঘ্য ফ্যাটি অ্যাসিডের গ্লিসারাইল এস্টার। এই ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি সম্পৃক্ত বা অসম্পৃক্ত হতে পারে এবং এই অ্যাসিড-গুলিতে জোড় সংখ্যক কার্বন পরমাণু থাকে।

চর্বি ও তেলের মধ্যে মূলত কোন পার্থক্য নেই। কেবলমাত্র সাধারণ তাপমাত্রায় চর্বি কঠিন পদার্থ, কিন্তু তেল তরল পদার্থ। অবশ্য ঠাণ্ডায় বা শীতকালে অনেক তেলই জমে কঠিনে পরিণত হয়। চর্বি হলো সম্পৃক্ত অ্যাসিডের গ্লিসারাইল এস্টার, আর যে গ্লিসারাইল এস্টারের অন্ততপক্ষে একটি ফ্যাটি অ্যাসিড অংশ অসম্পৃক্ত হবে, তাদের তেল বলা হয়। সাধারণত লউরিক (Lauric), মাইরিস্টিক (Myristic), পামিটিক (Palmitic), স্টিয়ারিক (Stearic) সম্পৃক্ত অ্যাসিডগুলি এবং অসম্পৃক্ত অ্যাসিড ওলেইক (Oleic), লিনোলেইক (Linoleic), লিনোলেনিক (Linolenic) ইত্যাদি অ্যাসিড দিয়ে চর্বি ও তেল গঠিত হয়।

পামিটিক অ্যাসিড $C_{16}H_{32}O_2$, $CH_3(CH_2)_{14}\cdot COOH$

স্টিয়ারিক অ্যাসিড $C_{18}H_{36}O_2$, $CH_3(CH_2)_{16}\cdot COOH$

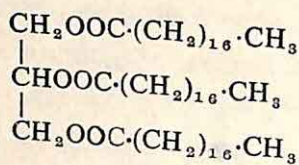
ওলেইক অ্যাসিড $C_{18}H_{34}O_2$,

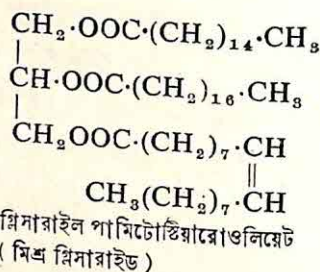
$$CH_3(CH_2)_7\cdot CH=CH(CH_2)_7\cdot COOH$$

লিনোলেইক অ্যাসিড $C_{18}H_{32}O_2$,

$$CH_3(CH_2)_4\cdot CH=CH\cdot CH_2\cdot CH=CH(CH_2)_7\cdot COOH$$

গ্লিসারাইল এস্টারের নামকরণ করতে অ্যাসিড অংশের নামের শেষ ভাগ ইক (ic) ইন (in) দিয়ে পরিবর্তন করে করা হয়। গ্লিসারলের তিনটি হাইড্রক্সিল মূলক যখন অভিন্ন অ্যাসিড দিয়ে এস্টারীকৃত (Esterify) হয় তখন সেই গ্লিসারাইল এস্টারকে সরল গ্লিসারাইড (Simple glyceride) বলে। আর যখন একাধিক অ্যাসিড দিয়ে গ্লিসারলের তিনটি হাইড্রক্সিল মূলক এস্টারীকৃত হয় তখন সেই গ্লিসারাইল এস্টারকে মিশ্র (Mixed) গ্লিসারাইড বলে।

$$\begin{array}{l} CH_2OOC\cdot(CH_2)_{16}\cdot CH_3 \\ | \\ CHOOC\cdot(CH_2)_{16}\cdot CH_3 \\ | \\ CH_2OOC\cdot(CH_2)_{16}\cdot CH_3 \end{array}$$

ট্রাইষ্টিয়ারিন (সরল গ্লিসারাইড)
বা
গ্লিসারাইল ট্রাইষ্টিয়ারেট

$$\begin{array}{l} CH_2\cdot OOC\cdot(CH_2)_{14}\cdot CH_3 \\ | \\ CH\cdot OOC\cdot(CH_2)_{16}\cdot CH_3 \\ | \\ CH_2OOC\cdot(CH_2)_7\cdot CH \\ \qquad\qquad\qquad\quad \| \\ \qquad\quad CH_3(CH_2)_7\cdot CH \end{array}$$

গ্লিসারাইল পামিটোষ্টিয়ারোওলিয়েট
(মিশ্র গ্লিসারাইড)

মাইরিস্টিক, পামিটিক, স্টিয়ারিক অ্যাসিড এবং এদের গ্লিসারাইড এস্টারগুলি সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন। অতএব এদের গ্লিসারাইল এস্টারগুলিকে চর্বি বলা হয়। অপরপক্ষে ওলেইক, লিনোলেইক, লিনোলেনিক অ্যাসিড এবং এদের গ্লিসারাইল এস্টারগুলি সাধারণ তাপমাত্রায় তরল পদার্থ। সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত অ্যাসিডের মিশ্র গ্লিসারাইড এস্টারগুলিও সাধারণ তাপমাত্রায় তরল পদার্থ।

চর্বি দু ধরনের হতে পারে—(i) দুধ থেকে পাওয়া চর্বি, যাকে মাখন এবং ঘি (মাখনকে জ্বাল দিয়ে প্রস্তুত করা হয়) বলা হয়। (ii) জন্তু জানোয়ারের শরীরে বিভিন্ন অংশ থেকে পাওয়া চর্বি—যেমন গরু, ছাগল, উট, শূয়োরের চর্বি।

মাখন এবং ঘিতে নিম্নতর আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট ফ্যাটি অ্যাসিডের গ্লিসারাইল এস্টার বেশি পরিমাণে থাকে। মাখন এবং ঘিয়ের আর একটা বৈশিষ্ট্য হলো এরা দেহের তাপমাত্রায় গলে যায়।

জান্তব চর্বি উচ্চতর আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন ফ্যাটি অ্যাসিডের গ্লিসারাইড এস্টার।

তেলও দু ধরনের হতে পারে—(i) শুষ্ককরণ তেল (Drying oils) এবং (ii) অশুষ্ককরণ তেল (Non-drying oils)।

তিসির তেলকে বাতাসে উন্মুক্ত অবস্থায় রাখলে এটি শুকিয়ে পাতলা স্বচ্ছ স্তরে পরিণত হয়। এটিকে শুষ্ককরণ তেল বলে। আর তিসির তেলের (Linseed oil) মত ধর্ম বিশিষ্ট তেলকেও শুষ্ককরণ তেল বলে।

কিন্তু সরষের বা বাদাম তেলকে বাতাসে উন্মুক্ত রাখলে এই তেলগুলি শুকিয়ে যায় না। তাই এদের অশুষ্ককরণ তেল বলে।

চর্বি ও তেল পাওয়ার উৎস : উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতে চর্বি ও তেল নানাভাবে ছড়িয়ে আছে।

গাছপালা প্রচুর পরিমাণে চর্বি বা তেলকে তাদের বীজে, শেকড়ে, ফলে ইত্যাদি

বিভিন্ন অংশে অন্যান্য জিনিসের সঙ্গে একত্রে জমা করে রাখে। তুলো, সরষে, তিসি, তিল, বাদাম ইত্যাদি গাছ তাদের বীজে (Seeds) তেল জমা করে রাখে। নারকেল গাছ নারকেলের শাঁসে তেল জমা করে রাখে।

প্রাণীরা চামড়ার তলায় চর্বি জমা করে রাখে, এছাড়া পেটের ভেতরে যকৃতের এবং কিডনীর চারপাশে চর্বি জমা থাকে। জলজ প্রাণীর দেহ থেকে যে চর্বি পাওয়া যায় তাকে সাধারণত আমরা তেল বলে থাকি। যেমন হাঙ্গরের তেল, কর্ড মাছের তেল, তিমির তেল, ইলিশের তেল ইত্যাদি। অপর পক্ষে গরু, শূয়োর, ছাগল, উট ইত্যাদি প্রাণীর দেহ থেকে প্রাপ্ত তেলকে চর্বি বলা হয়। জন্তু জানোয়ার ও জলজ প্রাণীর শরীর থেকে পাখীর শরীরে চর্বির পরিমাণ কম থাকে। মানুষের পাচকতন্ত্রে এই সকল তেল ও চর্বি এক বিশেষ উৎসেচকের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষিত হবার পর তা রক্তে চলে যায় এবং সেখানে বিভিন্নভাবে পুনরায় সংযুক্ত হয়ে মানুষের শরীরে চর্বির সৃষ্টি হয়। এছাড়া অন্যান্য খাদ্যদ্রব্য থেকেও মানুষের শরীরে চর্বি প্রস্তুত হয়।

চর্বি ও তেল নিষ্কাশন : চর্বিযুক্ত কোষকলা বা চর্বির স্তরকে কেটে গরম জলের সঙ্গে বা বাষ্পের সাহায্যে গরম করে চর্বিকে গলিয়ে বার করে নেওয়া হয়। এই পদ্ধতিকে রেনডারিং (Rendering) বলে।

ঘানিতে অধিক চাপে বীজ থেকে উদ্ভিজ্জ তেল নিষ্কাশন করা হয়। যেমন সরষে, তিসি, বাদাম, তুলো, সূর্যমুখীর বীজ থেকে ঘানির সাহায্যে তেল নিষ্কাশন করা হয়। নারকেলের শাঁসকে রোদে শুকিয়ে ঘানির সাহায্যে নারকেল তেল বার করা হয়।

দুধকে ঠাণ্ডা করে মন্থন করে মাখন তোলা হয়। এছাড়া দুধের সর থেকেও মাখন তোলা হয়।

অনেক সময় দ্রাবকের সাহায্যে তেল ও চর্বিকে নিষ্কাশন করা হয়। দ্রাবক হিসেবে পেট্রোলিয়াম ইথার, বেনজিন ব্যবহার করা হয়।

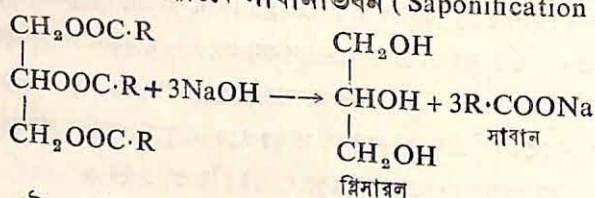
ধর্ম : সম্পৃক্ত অ্যাসিডের গ্লিসারাইড এস্টারগুলি সাধারণত কঠিন। কিন্তু অসম্পৃক্ত অ্যাসিডের গ্লিসারাইড এস্টারগুলি তরল। তরল বা কঠিন গ্লিসারাইড এস্টারগুলি (তেল বা চর্বি) বিশুদ্ধ হলে বর্ণহীন, গন্ধহীন এবং স্বাদহীন হয়। কিন্তু উদ্ভিজ্জ তেল এবং জান্তব চর্বির বিশেষ রঙ ও গন্ধ কিছু যৌগের উপস্থিতির জন্য হয়ে থাকে।

তেল ও চর্বি জলে অদ্রাব্য। কিন্তু, কোহল, ইথার, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। সমস্ত তেল ও চর্বি জলের থেকে হাল্কা। তেল ও চর্বির কোন স্ফুটনাঙ্ক নেই, কারণ স্ফুটনাঙ্কে পৌঁছাবার আগেই এগুলি বিযোজিত হয়ে যায়।

সাবান, জিলেটিন ইত্যাদির উপস্থিতিতে তেল ও চর্বি জলের সঙ্গে ইমালসান (Emulsion) গঠন করে।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) **আর্দ্র বিশ্লেষণ :** তেল ও চর্বিকে আর্দ্র বিশ্লেষণে ফ্যাটি অ্যাসিড ও গ্লিসারল পাওয়া যায়। সুতপ্ত জলীয় বাষ্প, ক্ষার, অ্যাসিড বা উৎসেচকের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষণ করা হয়। কস্টিক সোডা বা পটাশের সাহায্যে তেল বা চর্বিকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে উচ্চতর আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাশিয়াম লবণ পাওয়া যায়, যাকে সাবান বলে এবং ক্ষারের সাহায্যে তেল বা চর্বিকে আর্দ্র বিশ্লেষণের পদ্ধতিকে **সাবানীভবন** (Saponification) বলে।

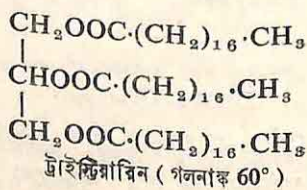
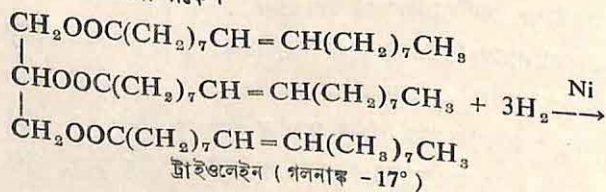
$$\begin{array}{l} CH_2OOC{\cdot}R \\ | \\ CHOOC{\cdot}R \\ | \\ CH_2OOC{\cdot}R \end{array} + 3NaOH \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + 3R{\cdot}COONa$$

(গ্লিসারল) (সাবান)

2. **হাইড্রোজিনেশান :** উদ্ভিজ্জ তেলগুলি অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের গ্লিসারাইল এস্টার। এই এস্টারগুলিকে অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করলে, হাইড্রোজেন অসম্পৃক্ত অংশে যুক্ত হয় এবং এস্টারের অ্যাসিড অংশকে সম্পৃক্ত করে তোলে। আংশিক সম্পৃক্ত হলেও এই গ্লিসারাইল এস্টারগুলি সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিনে পরিণত হয়। এই আংশিক হাইড্রোজিনেশান করা উদ্ভিজ্জ তেলকে বনস্পতি (Vegetable ghee) বলে। সম্পূর্ণ হাইড্রোজিনেশান করা তেল কঠিন ও ভঙ্গুর হয়। হাইড্রোজিনেশান করতে অনুঘটক হিসাবে নিকেল চূর্ণ ব্যবহার করা হয়। এইভাবে উদ্ভিজ্জ তেলকে কঠিনে পরিণত করাকে কঠিনকরণ (Hardening) বলে। সাধারণত কম চাপে এই কঠিনকরণ করা হয়ে থাকে। সরষে, বাদাম, তিল এবং তুলোর তেলকে হাইড্রোজিনেশান করে বনস্পতি প্রস্তুত করা হয়। অবশ্য বাজারের বনস্পতিতে জারকরোধক পদার্থ (Antioxidant), ভিটামিন ইত্যাদি মেশানো থাকে।

$$\begin{array}{l} CH_2OOC(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7CH_3 \\ | \\ CHOOC(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7CH_3 \\ | \\ CH_2OOC(CH_2)_7CH=CH(CH_3)_7CH_3 \end{array} + 3H_2 \xrightarrow{Ni}$$

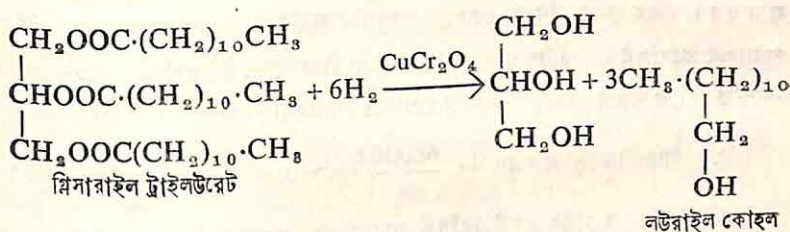
ট্রাইওলেইন (গলনাঙ্ক -17°)

$$\begin{array}{l} CH_2OOC{\cdot}(CH_2)_{16}{\cdot}CH_3 \\ | \\ CHOOC{\cdot}(CH_2)_{16}{\cdot}CH_3 \\ | \\ CH_2OOC{\cdot}(CH_2)_{16}{\cdot}CH_3 \end{array}$$

ট্রাইস্টিয়ারিন (গলনাঙ্ক 60°)

3. **হাইড্রোজিনোলিসিস** (Hydrogenolysis)ঃ উচ্চ চাপে কপার ক্রোমাইটের উপস্থিতিতে তেল বা চর্বি হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে বিজারিত এবং বিয়োজিত হয়ে গ্লিসারল ও প্রাথমিক কোহলে পরিণত হয়।

$$\begin{array}{l} CH_2OOC\cdot(CH_2)_{10}CH_3 \\ | \\ CHOOC\cdot(CH_2)_{10}\cdot CH_3 + 6H_2 \\ | \\ CH_2OOC(CH_2)_{10}\cdot CH_3 \end{array} \xrightarrow{CuCr_2O_4} \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + 3CH_3\cdot(CH_2)_{10}\cdot CH_2OH$$

গ্লিসারাইল ট্রাইলউরেট

লউরাইল কোহল

4. **পচন** (Rancidity)ঃ চর্বি এবং তেলকে বিশেষ করে অনেকদিন ধরে মজুদ করে রাখলে, তা পচে বিশ্রী স্বাদযুক্ত এবং বিশ্রী গন্ধযুক্ত হয়ে পড়ে। একে পচন বা Rancidity বলে। এই পচন জীবাণু বা উৎসেচকের প্রভাবে তেল ও চর্বির আর্দ্র বিশ্লেষণ এবং জারণের ফলে ঘটে থাকে। এবং উৎপন্ন পদার্থের জন্য এই দুর্গন্ধ এবং বিশ্রী স্বাদ হয়। যেমন বায়ুর উপস্থিতিতে এক ধরনের জীবাণু মাখনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত এবং জারিত করে বিউটিরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং মাখন পচার গন্ধ এই অ্যাসিডের জন্য হয়ে থাকে। অনেক সময় জীবাণুগুলি ফ্যাটি অ্যাসিড, অ্যালডিহাইড বা কিটোনে পরিণত করে এবং এরাই এই দুর্গন্ধের জন্য দায়ী। আর এই পচন রুখতে খাওয়ার তেল বা চর্বির সঙ্গে জারকরোধক পদার্থ মিশিয়ে দেওয়া হয়।

তেল ও চর্বির বিশ্লেষণঃ বিভিন্ন তেল ও চর্বির গুণাগুণ নির্ণয়ের জন্য কতকগুলি পরীক্ষা করা হয়। শিল্পে প্রয়োজন বিশেষত তেল বা চর্বির প্রকৃতি নির্ণয়ের জন্য এসব পরীক্ষা করা হয়। এই সব পরীক্ষায় তেল বা চর্বিতে ভেজাল আছে কিনা তাও নির্ণয় করা যায়। এগুলির মধ্যে (i) সাবানীভবন নাম্বার (Saponification number), (ii) আয়োডিন নাম্বার (Iodine number), (iii) অ্যাসিড মান (Acid value), (iv) রেইচের্ট মেইস্ল্ মান (Reichert Meissl value) উল্লেখযোগ্য।

(i) **সাবানীভবন নাম্বার**ঃ এক গ্রাম তেল বা চর্বিকে সাবানীভবন করতে যত মিলিগ্রাম কস্টিক পটাশের প্রয়োজন সেই সংখ্যাটিকে সাবানীভবন নাম্বার বলে। এক গ্রাম তেল বা চর্বিকে জ্ঞাত মাত্রা এবং জ্ঞাত আয়তনের কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে একত্রে জলগাহের উপর রিফ্লাক্স করা হয়। পরে ঠাণ্ডা করে

অতিরিক্ত কস্টিক পটাশকে নির্ধারণ করা হয়। ফলে কত পরিমাণ কস্টিক পটাশ সাবানীভবনের জন্য প্রয়োজন তা সহজেই নির্ণয় করা যায়।

সাবানীভবনের সাহায্যে কোন চর্বি বা তেলের আনুমানিক আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়। এক মোল চর্বি বা তেলকে সম্পূর্ণ সাবানীভবন করতে তিন মোল কস্টিক পটাশের প্রয়োজন। কারণ চর্বি ও তেল হলো গ্লিসারলের ট্রাইএস্টার। তিন মোল কস্টিক পটাশ সমান $3 \times 56 = 168$ গ্রাম $\equiv 168000$ মিলিগ্রাম।

$\therefore$ সাবানীভবন নাম্বার $= \dfrac{168000}{m}$ ($m =$ তেল বা চর্বির আণবিক গুরুত্ব)।

প্রতিটি তেল ও চর্বির একটি নির্দিষ্ট সাবানীভবন নাম্বার থাকবে।

(ii) **আয়োডিন নাম্বার :** 100 গ্রাম কোন তেল বা চর্বিতে যত গ্রাম আয়োডিন সংযুক্ত হতে পারে, সেই সংখ্যাটিকে আয়োডিন নাম্বার বলে। আয়োডিন তেল বা চর্বির অসম্পৃক্ত অংশে যুক্ত হয়। ফলে কোন তেল বা চর্বির আয়োডিন সংখ্যার মান যত বাড়বে সেই তেল বা চর্বিতে তত বেশি অসম্পৃক্ততা থাকবে। সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের গ্লিসারল এস্টারের আয়োডিন সংখ্যা অবশ্যই শূন্য হবে। কারণ এই এস্টারে কোন অসম্পৃক্ততা নেই। সাধারণত চর্বির আয়োডিন সংখ্যার মান কম হয় এবং উদ্ভিজ্জ তেলের আয়োডিন সংখ্যার মান বড় হয়।

আয়োডিন সংখ্যার মান নির্ণয়ে আয়োডিন মনোক্লোরাইডের গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণ বা আয়োডিন এবং মারকিউরিক ক্লোরাইডের ইথানল দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

(iii) **অ্যাসিড মান :** এক গ্রাম তেল বা চর্বিকে প্রশমিত করতে যত মিলিগ্রাম কস্টিক পটাশের প্রয়োজন হয় সেই সংখ্যাকে অ্যাসিড মান বলে। অ্যাসিড মান দিয়ে কোন তেল বা চর্বিতে মুক্ত অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। নির্দিষ্ট পরিমাণ চর্বি বা তেলকে কোহলে দ্রবীভূত করে জ্ঞাত মাত্রার কস্টিক পটাশ দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশান করা হয়। এই টাইট্রেশানে ফিনলফথ্যালিন নির্দেশক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

(iv) **রেইচের্ট মেইস্ল মান :** পাঁচ গ্রাম তেল বা চর্বিকে আর্দ্রবিশ্লেষণে প্রাপ্ত জলে দ্রাব্য এবং জলীয় বাষ্পে উদ্বায়ী ফ্যাটি অ্যাসিডকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করতে যত সিসি পরিমাণ $\frac{N}{10}$ কস্টিক পটাশ দ্রবণের প্রয়োজন সেই সংখ্যাকে রেইচের্ট মেইস্ল মান বলে। এতে কোন চর্বিতে জলীয় বাষ্পে উদ্বায়ী ফ্যাটি অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

চর্বি ও তেলের বিভিন্ন মান

চর্বি বা তেলের নাম	অ্যাসিড মান	সাবানীভবন সংখ্যা	আয়োডিন সংখ্যা	রেইচের্ট মেইস্ল মান
সরষের তেল	5·7—7·3	173—175	99—110	
গরুর চর্বি	0·25	196—200	35·4—42·3	0·25
মাখন	0·45—35·4	210—230	26—38	17—34·5
মানুষের চর্বি	....	193—200	57—73	
তুলোর বীজের তেল	0·6—0·9	194—196	103—111	0·95
নারকেল তেল	2·5—10	253—262	6·2—10	6·6—7·5
রেপসীড তেল	0·36—1·0	168—179	94—105	0—7·9

সাবান : উচ্চতর আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম পটাশিয়াম লবণকে সাবান বলে। ওলেইক, লউরিক, স্টিয়ারিক, পামিটিক এবং মাইরিস্টিক অ্যাসিডগুলি উল্লেখযোগ্য। তেল বা চর্বিকে কস্টিক ক্ষার দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে গ্লিসারল এবং উচ্চতর আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাশিয়াম লবণ পাওয়া যাবে। যাকে সাবান বলে।

উচ্চতর আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের লবণের পরিমাণ যে সাবানে বেশি থাকে তাকে কঠিন (hard) সাবান বলে। আর অসম্পৃক্ত অ্যাসিডের লবণের পরিমাণ যে সাবানে বেশি তাকে নরম সাবান বলে।

সোডিয়াম লবণগুলি (সোডিয়াম সাবান) জলে কম দ্রাব্য হয়, এগুলি কঠিন, কিন্তু পটাশিয়াম লবণগুলি অপেক্ষাকৃত নরম এবং জলে অধিক দ্রাব্য।

সাবান প্রস্তুতি : দুভাবে সাবান প্রস্তুত করা হয়—(i) ফোটান পদ্ধতি (boiling process) ; (ii) ঠাণ্ডা পদ্ধতি (cold process)।

ফোটান পদ্ধতি : কস্টিক সোডাকে জলে দ্রবীভূত করে 10-14% দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং একটা ট্যাঙ্কে এই দ্রবণ রাখা হয়। এখন শঙ্কু আকৃতির লোহার পাত্রে (যাকে কেটলী বলে) তেল বা গলিত চর্বির সঙ্গে মিশিয়ে বাষ্পের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। কস্টিক সোডার পরিমাণ এমনভাবে যোগ করা হয়, যাতে তেল বা চর্বির সাবানীভবন সম্পূর্ণ হয়। কয়েক ঘণ্টা ধরে উত্তপ্ত করা হয় এবং মাঝে মাঝে মিশ্রণটি নাড়া হয়।

এর পর সোডিয়াম ক্লোরাইড যোগ করে আবার গরম করা হয়। এতে কমন আয়নের প্রভাবে সাবান পৃথক হয়ে যাবে। দ্রবণের থেকে সাবানের ঘনত্ব কম বলে সাবান ভেসে উঠবে। এই সাবানকে দ্রবণ থেকে ছেঁকে তুলে নেওয়া হয় এবং পরিস্রুত দ্রবণে গ্লিসারল, সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অতিরিক্ত কস্টিক সোডা এবং কিছুটা সাবানও দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে যাকে সাবানের লাই (soap lye) বলে। এই লাই থেকে গ্লিসারল প্রস্তুত করা হয়।

ঐ সাবানকে একটি যান্ত্রিক মিশানোর যন্ত্রে [যাকে ক্রাটচার (Crutcher) বলে] নিয়ে নরম পাথরের মিহি গুড়ো, সোডিয়াম সিলিকেটের গুড়ো বা সোডিয়াম কার্বনেট ইত্যাদি ভরাট করা (filler) পদার্থের এবং সুগন্ধির সঙ্গে ভালভাবে মিশিয়ে সাবান প্রস্তুত করা হয়। এই সাবানকে বিভিন্ন আকারে কেটে, ছাপ মেরে, শুকিয়ে কাগজে মুড়ে বাজারে বিক্রি করা হয়।

ঠাণ্ডা পদ্ধতি ঃ যে সব তেল বা চর্বি সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত করা যায়, তাদের সঙ্গে উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের বিক্রিয়ায় সাবান প্রস্তুত করা হয়। এতে মিশ্রণকে ফোটানো হয় না। আর্দ্র বিশ্লেষণ কয়েক ঘণ্টার মধ্যে শেষ হয়ে যাবার পর স্থিরভাবে রেখে দিলে সাবান থিতিয়ে যায়। এই সাবানের সঙ্গে রঞ্জন পদার্থ, সুগন্ধি এবং ভরাট করার পদার্থ মিশিয়ে সাধারণত গায়ে মাখার সাবান প্রস্তুত করা হয়।

প্রশ্নাবলী

1. চর্বি ও তেল কাকে বলে ? এদের মধ্যে পার্থক্য কি ? এদের উৎস কি ?
2. চর্বি ও তেল কিভাবে নিষ্কাশন করা হয় ?
3. নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়া চর্বি ও তেলের উপর করলে কি হবে ?
   (i) আর্দ্র বিশ্লেষণ (ii) হাইড্রোজিনেশান (iii) হাইড্রোজিনোলিসিস (iv) পচন
4. টীকা লেখ ঃ—(i) সাবানীভবন সংখ্যা (ii) আয়োডিন সংখ্যা (iii) অ্যাসিড মান (iv) রেইচের্ট মেইস্ল মান (v) সাবান
5. সাবান কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ?

২৬

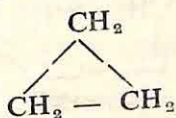
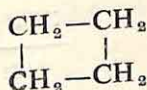
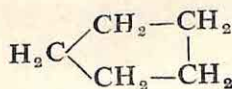
অ্যালিসাইক্লিক যৌগসমূহ
Alycyclic Compounds

কেবলমাত্র কার্বন পরমাণু দিয়ে গঠিত চক্রাকার জৈব যৌগকে সমচক্র (Homocyclic) যৌগ বলে। এইসব যৌগের মধ্যে যারা স্নেহজ বা অ্যালিফ্যাটিক যৌগের ধর্মের অনুরূপ বা সদৃশ তাদের অ্যালিসাইক্লিক (Alicyclic) যৌগ বলে। ali কথাটা aliphatic থেকে এসেছে। অর্থাৎ যে চক্রাকার জৈব যৌগ স্নেহজ যৌগের ধর্মের মত বা স্নেহজ যৌগের ন্যায় আচরণ করে তাদের স্নেহজ চক্রাকার বা অ্যালিসাইক্লিক যৌগ বলে।

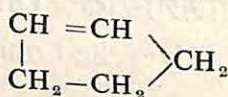
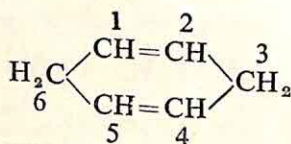
অ্যালিসাইক্লিক যৌগদের দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—(i) সম্পৃক্ত এবং (ii) অসম্পৃক্ত। সম্পৃক্ত অ্যালিসাইক্লিক যৌগদের চক্রাকার অ্যালকেন বা চক্রাকার প্যারাফিন (cycloalkane or cycloparaffin) বলে। চক্রাকার অ্যালকেনের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n}। n-এর মান তিনের কম হবে না। চক্রাকার অ্যালকেন যৌগে অসম্পৃক্ততা থাকবে না এবং এই শ্রেণীর সদস্যরা চক্রাকার যৌগ হবে।

অসম্পৃক্ত সমচক্রাকার যৌগের অণুতে এক বা একাধিক অসম্পৃক্ততা থাকতে পারে এবং এই শ্রেণীর সদস্যদের ধর্ম স্নেহজ অসম্পৃক্ত যৌগের মত হয়। এদের চক্রাকার অলিফিন বা চক্রাকার অ্যালকিন (Cycloalkene) যৌগ বলে।

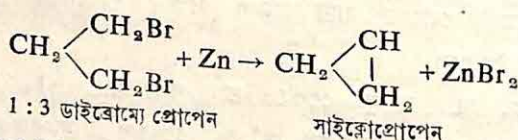
নামকরণ ঃ চক্রাকার অ্যালকেন শ্রেণীর যৌগে একাধিক মেথিলিন (—CH_2—) মূলক পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকে বলে এদের পলিমেথিলিন (Polymethylene) যৌগও বলে।

```
      CH2            CH2—CH2                 CH2—CH2
     /   \           |    |           H2C<     |
   CH2 — CH2         CH2—CH2                 CH2—CH2
```

ট্রাইমেথিলিন বা সাইক্লোপ্রোপেন — টেট্রামেথিলিন বা সাইক্লোবিউটেন — পেণ্টামেথিলিন বা সাইক্লোপেণ্টেন

IUPAC পদ্ধতিতে সম্পৃক্ত অ্যালিসাইক্লিক যৌগদের মুক্ত শৃঙ্খল যৌগের মত নামকরণ করা হয়, কেবলমাত্র নামের আগে একটা সাইক্লো বসিয়ে নেওয়া হয়।

IUPAC পদ্ধতিতে অসম্পৃক্ত অ্যালিসাইক্লিক যৌগদের মুক্তশৃঙ্খল অ্যালকিনের মত নামকরণ করা হয়, কেবলমাত্র নামের আগে একটা সাইক্লো এবং দ্বিবন্ধের অবস্থান সংখ্যা দিয়ে সূচীত করা হয় (যেখানে প্রয়োজন)।

$$\begin{matrix} CH = CH \\ | \\ CH_2-CH_2 \end{matrix} \rangle CH_2 \qquad H_2C \langle \begin{matrix} \overset{1}{CH} = \overset{2}{CH} \\ \underset{5}{CH} = \underset{4}{CH} \end{matrix} \rangle \overset{3}{CH_2}$$

সাইক্লোপেন্টিন   সাইক্লো হেক্স 1 : 4 ডাইইন

প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ : (1) প্রান্তীয় ডাই হ্যালো প্যারাফিন জাতককে জিংক বা সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়ে চক্রাকার অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

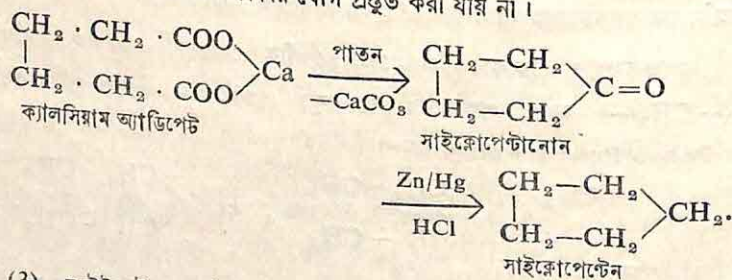
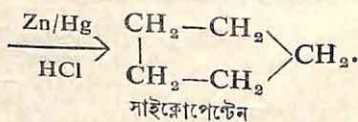
$$CH_2 \langle \begin{matrix} CH_2Br \\ CH_2Br \end{matrix} + Zn \rightarrow CH_2 \langle \begin{matrix} CH \\ | \\ CH_2 \end{matrix} + ZnBr_2$$

1 : 3 ডাইব্রোমো প্রোপেন   সাইক্লোপ্রোপেন

এটি উর্জ বিক্রিয়ার একটা বিশেষ ধরন এবং এই পদ্ধতিতে সাইক্লোপ্রোপেন এবং সাইক্লোহেক্সেন প্রস্তুত করা হয়।

(2) দ্বিকার্বক্সিল অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম বা বেরিয়াম লবণকে পাতনে চক্রাকার কিটোন পাওয়া যায়, যাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে জিংক পারদ সংকর দিয়ে বিজারিত করলে চক্রাকার অ্যালকেন পাওয়া যায় (ক্লিমেনসেন বিজারণ)। এই পদ্ধতিতে তিন সদস্যের চক্রাকার যৌগ প্রস্তুত করা যায় না।

$$\begin{matrix} CH_2 \cdot CH_2 \cdot COO \\ | \\ CH_2 \cdot CH_2 \cdot COO \end{matrix} \rangle Ca \xrightarrow[-CaCO_3]{\text{পাতন}} \begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ | \\ CH_2-CH_2 \end{matrix} \rangle C=O$$

ক্যালসিয়াম অ্যাডিপেট   সাইক্লোপেন্টানোন

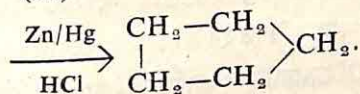
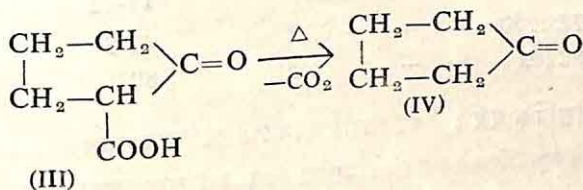
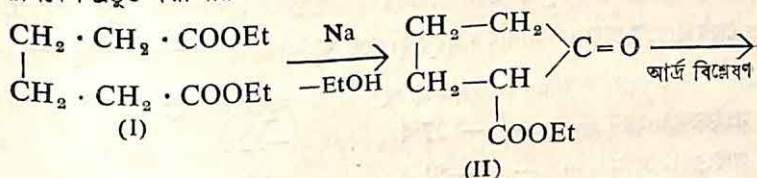
$$\xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} \begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ | \\ CH_2-CH_2 \end{matrix} \rangle CH_2.$$

সাইক্লোপেন্টেন

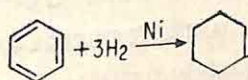
(3) ডাইইথাইল অ্যাডিপেটের (I) (বেনজিন দ্রবণ) সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন 2-কার্বেথক্সি সাইক্লোপেন্টানোন (II)-কে অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে 2-কার্বক্সিল সাইক্লোপেন্টানোন (III) পাওয়া যায়। III-কে উত্তপ্ত করলে সাইক্লোপেন্টানোন (IV) পাওয়া যায়, যাকে ক্লিমেনসেন বিজারণে

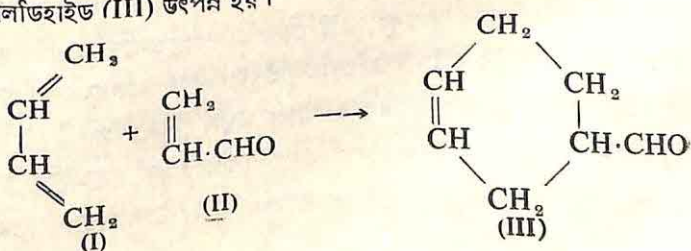
সাইক্লোপেণ্টেন পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াটিকে 'ডিকম্যান বিক্রিয়া' (Dieckmann reaction) বলে। এটি অন্তঃস্থ (Internal) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার সংঘনন বা ক্লেজেন সংঘননের অনুরূপ। এই পদ্ধতিতে 5, 6 এবং 7 সদস্য বিশিষ্ট চক্রাকার অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

$$\underset{(I)}{\begin{matrix} CH_2\cdot CH_2\cdot COOEt \\ | \\ CH_2\cdot CH_2\cdot COOEt \end{matrix}} \xrightarrow[-EtOH]{Na} \underset{(II)}{\begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ | \\ CH_2-CH \\ | \\ COOEt \end{matrix} \!\!>\! C=O} \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{}$$

$$\underset{(III)}{\begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ | \\ CH_2-CH \\ | \\ COOH \end{matrix} \!\!>\! C=O} \xrightarrow[-CO_2]{\Delta} \underset{(IV)}{\begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ | \\ CH_2-CH_2 \end{matrix} \!\!>\! C=O}$$

$$\xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} \begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ | \\ CH_2-CH_2 \end{matrix} \!\!>\! CH_2.$$

(4) নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তাপে এবং অধিক চাপে বেনজিনকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করলে সাইক্লোহেক্সেন পাওয়া যায়।

$$C_6H_6 + 3H_2 \xrightarrow{Ni} C_6H_{12}$$

(4) সংযুগী (conjugated) দ্বিবন্ধ বিশিষ্ট অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে কার্বনিল মূলক বিশিষ্ট অসম্পৃক্ত যৌগের (সেখানে দ্বিবন্ধ কার্বনিল মূলকের সঙ্গে সংযুগী) যুতযোগ বিক্রিয়াকে ডিলস অ্যালডার (Diels Alder) বিক্রিয়া বলে। 100°C-এ বিউটাডাইইনের (I) সঙ্গে অ্যাক্রালডিহাইডের (II) বিক্রিয়ায় টেট্রাহাইড্রো বেনজ্যালডিহাইড (III) উৎপন্ন হয়।

$$\underset{(I)}{\begin{matrix} CH_2 \\ /\!/ \\ CH \\ | \\ CH \\ \backslash\!\backslash \\ CH_2 \end{matrix}} + \underset{(II)}{\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH\cdot CHO \end{matrix}} \longrightarrow \underset{(III)}{\begin{matrix} & CH_2 & \\ CH & & CH_2 \\ \| & & | \\ CH & & CH\cdot CHO \\ & CH_2 & \end{matrix}}$$

I-কে ডাইইন (diene), II-কে ডাইইন আসক্ত (dienophile) এবং (III)-কে যোগশীল বস্তু (adduct) বলে।

ধর্ম ঃ সাইক্লোপ্রোপেন ও সাইক্লোবিউটেন সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় পদার্থ। অন্যান্য সাইক্লোঅ্যালকেনগুলি তরল পদার্থ। সাইক্লোঅ্যালকেনগুলি জলে অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্কও বৃদ্ধি পায়।

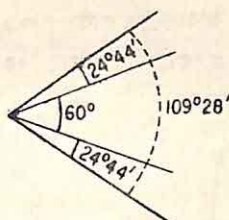
	গলনাঙ্ক °C	স্ফুটনাঙ্ক °C
সাইক্লোপ্রোপেন	−127·4	−32·9
সাইক্লোবিউটেন	−50	11-12
সাইক্লোপেন্টেন	−93·8	49·3
সাইক্লোহেক্সেন	6·5	80·7

রাসায়নিক ধর্ম ঃ এই শ্রেণীর সদস্যদের ধর্ম অনেকাংশে প্যারাফিনের মত। তবে কিছু কিছু ব্যতিক্রম আছে। নিম্নতর কিছু সাইক্লোঅ্যালকেনের সঙ্গে বিক্রিয়কের বিক্রিয়ায় চক্রাকার গঠন ভেঙ্গে মুক্ত শৃঙ্খলে পরিণত হয় এবং পরে যুতযৌগ বিক্রিয়া ঘটায়।

সাইক্লোপ্রোপেন ব্রোমিন, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে 1 : 3 ডাইব্রোমো প্রোপেন, n-প্রোপাইল ব্রোমাইড ও n-প্রোপাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। সাইক্লোবিউটেন হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় n-বিউটাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে। অন্যান্য সাইক্লো অ্যালকেনের উপর হাইড্রোব্রোমিক বা হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া নেই। সাইক্লোপ্রোপেন ছাড়া অন্যান্য সাইক্লোঅ্যালকেনের উপর ব্রোমিনের বিক্রিয়া নেই। উত্তপ্ত অবস্থায় নিকেলের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন সাইক্লোপ্রোপেন, সাইক্লোপেন্টেন ও সাইক্লোহেক্সেনকে বিজারিত করে যথাক্রমে প্রোপেন, n-বিউটেন, n-পেন্টেন ও n-হেক্সেন দেয়।

বায়ারের পীড়ন তত্ত্ব (Baeyer's Strain Theory) ঃ 1885 খ্রীষ্টাব্দে বায়ার চক্রাকার অ্যালকেনের প্রথম কয়েকটি সদস্যদের স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করতে গিয়ে এই তত্ত্ব উপস্থিত করেন। কার্বন পরমাণুর চারটি যোজ্যতা সমচতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে নির্দেশিত থাকে অর্থাৎ কার্বনের যে কোন দুটি যোজ্যতার মধ্যে যোজক কোণের মান 109°28′, এই তথ্যের উপর বায়ারের পীড়ন তত্ত্বটি নির্ভরশীল। এই তত্ত্বটি অনুসারে যদি কোন জৈব যৌগে কার্বনের যোজক কোণের এই স্বাভাবিক মানের পরিবর্তন ঘটে, তবে তার দরুন অণুটিতে এক প্রকার পীড়নের উদ্ভব হবে। যোজক

কোণের স্বাভাবিক মান থেকে পরিবর্তন যত বেশি হবে, পীড়নের মাত্রাও তত বেশি হবে, এবং পীড়নের মাত্রা যত বেশি হবে যৌগটির স্থায়িত্বও তত কম হবে। অবশ্য এক্ষেত্রে চক্রাকার অ্যালকেনের কার্বন পরমাণুগুলি অভিন্ন তলে আছে বলে ধরা হয়।

সাইক্লোপ্রোপেনের তিনটি কার্বন পরমাণু সমবাহু ত্রিভুজের শীর্ষ কোণে অবস্থান করে। সমবাহু ত্রিভুজের কোণের মান 60°। সুতরাং যোজক কোণের বিকৃতির পরিমাণ হবে $\frac{1}{2}(109°28' - 60°) = +24°44'$। অর্থাৎ সাইক্লোপ্রোপেনের কার্বনের যোজক দুটিকে জোর করে কাছে আনা হয়েছে। এক্ষেত্রে পীড়নকে ধনাত্মক পীড়ন বলে। আর যেখানে যোজককে দূরে সরিয়ে আনা হয়, সেখানকার পীড়নকে ঋণাত্মক পীড়ন বলে।

সাইক্লোবিউটেনের এই বিকৃতির পরিমাণ $\frac{1}{2}(109°28' - 90°) = +9°44'$ এবং সাইক্লোপেন্টেনের $\frac{1}{2}(109°28' - 108°) = +0°44'$ এবং সাইক্লোহেক্সেনের $\frac{1}{2}(109°28' - 120°) = -5°16'$।

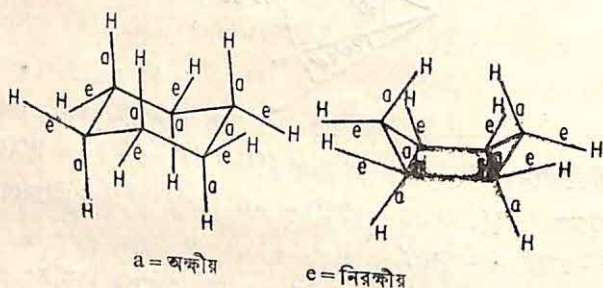
সাইক্লোপ্রোপেনের থেকে সাইক্লোবিউটেনের যোজক কোণের বিকৃতির পরিমাণ কম, সুতরাং সাইক্লোবিউটেন সাইক্লোপ্রোপেনের চেয়ে বেশি স্থায়ী অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কম সক্রিয়। সাইক্লোপেন্টেনের ক্ষেত্রে বিকৃতি সবচেয়ে কম, সুতরাং সাইক্লো-পেন্টেন সবচেয়ে স্থায়ী চক্রাকার অ্যালকেন। সাইক্লোহেক্সেন ক্ষেত্রে যোজক কোণের বিকৃতি সাইক্লোপেন্টেনের থেকে বেশি অর্থাৎ সাইক্লোহেক্সেন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সাইক্লোপেন্টেনের থেকে অধিক সক্রিয় এবং সাইক্লোহেক্সেনের থেকে ক্রমান্বয়ে উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনগুলি যোজক কোণের বিকৃতি ক্রমান্বয়ে বেশি হবে, ফলে স্থায়িত্ব কম হবে অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অধিকতর সক্রিয় হবে। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, সাইক্লোহেক্সেন এবং অন্যান্য উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনগুলি বেশ স্থায়ী যৌগ। এদের স্থায়িত্ব বায়ারের পীড়ন তত্ত্ব দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায় না।

বায়ারের পীড়ন তত্ত্ব চক্রাকার C_3 থেকে C_5 অ্যালকেনের ক্ষেত্রে ভালোভাবে প্রযোজ্য। কিন্তু উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনের ক্ষেত্রে নয়।

সাচ্‌সে মোর তত্ত্ব (Sachse Mohr Theory) : এই তত্ত্বের সাহায্যে

C_6 এবং উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনের স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করা যায়। C_6 এবং উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনের কার্বন পরমাণুগুলি অভিন্ন তলে নেই এবং এই সকল উচ্চতর চক্রাকার অ্যালকেনগুলি ভাঁজ হয়ে এমন অবস্থায় থাকে যাতে কার্বনের যোজক কোণের মান 109°28′ অর্থাৎ স্বাভাবিক মানে থাকে। এতে চক্রাকার অ্যালকেনের যোজক কোণের বিকৃতি ঘটে না, ফলে স্থায়িত্ব লাভ করে। অর্থাৎ C_6 এবং উচ্চতর অ্যালকেনগুলিকে সহজে প্রস্তুত করা যায় এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কম সক্রিয় হয়।

সাইক্লোহেক্সেন অণুটি ভাঁজ হয়ে দুরকম গঠন বিন্যাস লাভ করতে পারে— (i) নৌকাকৃতি (Boat form); (ii) চেয়ার আকৃতি (Chair form)। এই রকম গঠন বিন্যাসে যৌগ অণুটির কার্বনচক্রের কার্বন পরমাণুগুলি অভিন্ন তলে থাকে না এবং কার্বন পরমাণুগুলির যোজক কোণের মান স্বাভাবিক সমচতুস্তলকের মানের সমান থাকে অর্থাৎ 109°28′।

a = অক্ষীয় e = নিরক্ষীয়

চেয়ার-আকৃতি নৌকা-আকৃতি

সাইক্লোহেক্সেন নৌকাকৃতির থেকে চেয়ার আকৃতিতে বেশি স্থায়ী।

সাইক্লোহেক্সেনের 12টি হাইড্রোজেনের মধ্যে 6টি অণুটির অক্ষের (Axis) সঙ্গে সমান্তরালভাবে থাকে এবং এই 6টি হাইড্রোজেনকে অক্ষীয় বা অ্যাক্সিয়াল হাইড্রোজেন বলে এবং ঐ ছয়টি যোজককে অক্ষীয় যোজক (Axial bond) বলে। অপর ছয়টি হাইড্রোজেন অক্ষের সঙ্গে 109°28′ কোণ করে C—H বন্ধন বা যোজক উৎপন্ন করে (অথবা সাইক্লোহেক্সেনের চক্রের উল্লম্ব তলের সঙ্গে 109°28′ কোণ করে C—H যোজক অবস্থান করে। এই দ্বিতীয় প্রকার 6টি হাইড্রোজেনকে নিরক্ষীয় বা ইকুইটোরিয়াল (Equitorial) হাইড্রোজেন বলে এবং এই 6টি C—H বন্ধনকে নিরক্ষীয় বা ইকুইটোরিয়াল বন্ধন বলে।

প্রশ্নাবলী

1. অ্যালিসাইক্লিক যৌগ কাদের বলা হয় ? চক্রাকার অ্যালকেনদের নামকরণ কিভাবে করা হয় ?
2. চক্রাকার অ্যালকেনগুলি কি কি পদ্ধতিতে সংশ্লেষণ করা হয় ?
3. বায়ারের পীড়ন তত্ত্বটি কি ? কোন কোন চক্রাকার অ্যানকেনগুলির ক্ষেত্রে এই তত্ত্বটি প্রযোজ্য ?
4. সাচসে মোর তত্ত্বটি কি ?
5. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(i) ডিকম্যান বিক্রিয়া (ii) ডিলস অ্যালডার বিক্রিয়া (iii) নৌকা আকৃতি এবং চেয়ার আকৃতি সাইক্লোহেক্সেনের (iv) অক্ষীয় যোজক ও ইকুইটোরিয়াল যোজক।
6. (i) চক্রাকার অ্যালকেনে কমপক্ষে কটি কার্বন পরমাণু থাকবে ? (ii) ডাইইন, ডাইইন আসক্ত এবং যোগশীল বস্তু কাদের বলে এবং কোন বিক্রিয়ায় এই তিনটি দেখতে পাওয়া যায় ? (iii) কার্বন পরমাণুর যোজক কোণের স্বাভাবিক মান কত ? (iv) সাইক্লোপ্রোপেন, সাইক্লোবিউটেন এবং সাইক্লোপেন্টেনের স্থায়িত্ব অনুসারে নাম লেখ।

২৭

অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বন সমূহ
Aromatic Hydrocarbons

ফুলের নির্যাস, নানারকম রজন (Resin) ইত্যাদির একটা ধর্মের মিল আগেকার-দিনের লোকেরা লক্ষ্য করেছিলেন, সেটা হলো তাদের সুন্দর গন্ধ। আর গ্রীক শব্দ aroma মানে সুন্দর গন্ধ। আর তার থেকে এই শ্রেণীর যৌগদের নামকরণ হলো অ্যারোম্যাটিক বা গন্ধবহ যৌগ। তখনকার কালে চর্বি থেকে যে জৈব যৌগ পাওয়া যেতো তাদের বলা হতো অ্যালিফ্যাটিক বা স্নেহজ (Aliphatic) যৌগ। গন্ধ ছাড়াও অ্যারোম্যাটিক এবং অ্যালিফ্যাটিক যৌগদের মধ্যে অনেক পার্থক্য লক্ষ্য করা গিয়েছিল। যেমন অ্যারোম্যাটিক যৌগগুলি অবশ্যই চক্রাকার যৌগ হবে এবং কমপক্ষে ছয়টি কার্বন পরমাণু থাকবে। অপরপক্ষে অ্যালিফ্যাটিক যৌগগুলি মুক্ত শৃঙ্খল হবে। অ্যারো-ম্যাটিক যৌগে কার্বনের শতকরা পরিমাণ অ্যালিফ্যাটিক যৌগের থেকে অনেক বেশি হবে। অ্যারোম্যাটিক যৌগের উপর নানা রকম রাসায়নিক বিক্রিয়া করলে বেশিরভাগ ক্ষেত্রে বেনজিন বা বেনজিনের জাতক পাওয়া যায়।

আজকাল বেনজিন এবং বেনজিনের জাতকসমূহকে অ্যারোম্যাটিক যৌগ বলা হয়। এই সব যৌগের গন্ধ সব সময় যে সুন্দর হবে তার কোন ঠিক নেই। কারণ অনেক আরোম্যাটিক যৌগের গন্ধ খুবই বিশ্রী। বেনজিন এবং বেনজিনের জাতক-সমূহের রসায়নকে অ্যারোম্যাটিক রসায়ন বলে।

অ্যারোম্যাটিক যৌগের উৎস (Sources of aromatic compounds) : (i) **কয়লা থেকে** : বিটুমিন জাতীয় কয়লাকে অন্তর্ধূম পাতনে পাওয়া যায় কোক (কঠিন), আলকাতরা বা কোলটার (তরল) অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার (তরল) এবং কোল গ্যাস। আলকাতরা হলো বিশ্রী গন্ধযুক্ত, কালো চট্‌চটে তরল পদার্থ। এই আলকাতরাই হলো অ্যারোম্যাটিক যৌগের প্রধান উৎস। কয়লার অন্তর্ধূম পাতন (যাকে কার্বোনাইজেশান বলে) করার পদ্ধতির উপর আলকাতরার পরিমাণ এবং বিভিন্ন উপাদানের পরিমাণ নির্ভর করে।

আলকাতরাকে লোহার পাত্রে নিয়ে অল্প উত্তাপে জলকে দূর করা হয়, পরে এই

আলকাতরাকে আংশিক পাতন করা হয় এবং বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন পাতিত বস্তুকে সংগ্রহ করা হয়।

	পাতিত বস্তু	তাপমাত্রা °C	মুখ্য উপাদান
1.	লঘুতেল বা অপরিশোধিত ন্যাপথা	170 পর্যন্ত	বেনজিন, টলুইন, জাইলিন সমূহ
2.	মধ্যম তেল বা মিডিল অয়েল	170-230	ন্যাফথ্যালিন, ফিনল প্রভৃতি
3.	ভারী তেল বা ক্রিয়োজোট অয়েল	230-270	ফিনল, ক্রেসল সমূহ, ন্যাপথ্যালিন প্রভৃতি
4.	সবুজ তেল বা অ্যানথ্রাসিন অয়েল	270-360	অ্যানথ্রাসিন, ফিনানথ্রাসিন ইত্যাদি
5.	পিচ	অবশেষ	কার্বন

1. **লঘু তেল** (Light oil) ঃ এই পাতিত অংশের আপেক্ষিক গুরুত্ব (0·97) এবং এতে বেনজিন, টলুইন, জাইলিন সমূহ ছাড়া ক্ষারীয় এবং আম্লিক জাতীয় অশুদ্ধি যথাক্রমে পিরিডিন জাতীয় এবং ফিনল জাতীয় যৌগ থাকে। এছাড়া থায়োফেন নামে হেটারোসাইক্লিক যৌগও বর্তমান থাকে। এই লঘু তেলকে প্রথমে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড পরে জল এবং এরপর কস্টিক সোডা দ্রবণ এবং পরে আবার জল দিয়ে ধুয়ে ক্ষারীয় এবং আম্লিক জাতীয় অশুদ্ধি দূর করা হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড কিছুটা থায়োফেনকে অপসারিত করে। এই লঘু তেল থেকে জল দূর করে, পরে আবার আংশিক পাতন করা হয় এবং বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন পাতিত বস্তু সংগ্রহ করা হয়।

পাতিত বস্তু	তাপমাত্রা °C	উপাদান
90% বেনজল	80-110	বেনজিন, টলুইন
50% বেনজল	110-140	বেনজিন (অল্প), টলুইন ও জাইলিন সমূহ
দ্রাবক ন্যাপথা	140-170	জাইলিনগুলি, মেসিটিলিন, ইত্যাদি

90% এবং 50% বেনজলকে পুনর্পাতনে 80°-81°C-এ যে পাতিতবস্তু পাওয়া যায় তাতে বেশিরভাগটা হলো বেনজিন এবং 110°C-এ যে বস্তু পাওয়া যায় তাতে টলুইন থাকে।

2. **মধ্যম তেল** (Middle oil) ঃ এই অংশের আঃ গুঃ 1·005 এবং এতে প্রধানত ন্যাপথ্যালিন এবং ফিনল থাকে। এই তেলকে শীতল করলে ন্যাপথ্যালিন কেলাসিত হয়ে পড়ে এবং সেনট্রিফিউজ করে তরলের থেকে আলাদা

করা হয়। যাকে অপরিশোধিত ন্যাপথ্যালিন বলে এবং এই ন্যাপথ্যালিনকে প্রথমে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করে ফিনল জাতীয় বস্তুকে দ্রবীভূত করে পৃথক করা হয়। পরে একে সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করে ন্যাপথ্যালিনকে পৃথক করে নেওয়া হয় এবং পরে এই ন্যাপথ্যালিনকে উর্ধ্বপাতিত করে শোধন করা হয়। ন্যাপথ্যালিনকে দূর করার পর কস্টিক সোডা দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (বা সালফিউরিক অ্যাসিড) প্রবাহিত করলে দ্রবীভূত ফিনল জাতীয় পদার্থ তেলের মত পৃথক হয়ে পড়ে। যাকে সংগ্রহ করে পুনর্পাতন করলে বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন বস্তু পাওয়া যায়। ফিনল (182°C), ক্রেসলগুলি (185°-205°C) এবং জাইললগুলি (210-220°) পাওয়া যায়। আর পাত্রে পড়ে থাকে পিচ।

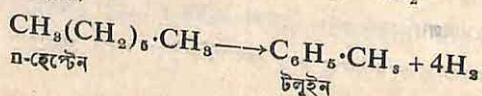
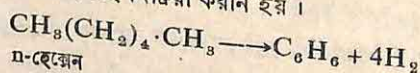
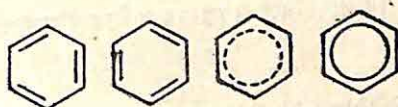
3. **ভারী তেল** (Heavy oil)ঃ এই তেলের আঃ গুঃ 1·033 এবং এই তেল থেকে উপাদানগুলি পৃথক করা হয় না। এটি কাঠ সংরক্ষণের জন্য ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

4. **সবুজ তেল** (Green oil)ঃ আঃ গুঃ 1·088। এই তেলের সবুজ প্রতিপ্রভা (Fluorescence) হয় বলে এর নাম সবুজ তেল। এতে প্রধানত অ্যানথ্রাসিন ও ফিনানথ্রাসিন থাকে। এই তেলকে ঠাণ্ডা করলে অ্যানথ্রাসিন ও ফিনানথ্রাসিন কেলাসিত হয়ে পড়ে, যাদের সেনট্রিফিউজ করে আলাদা করে দ্রাবক দিয়ে আংশিক কেলাসন করে অ্যানথ্রাসিন থেকে ফিনানথ্রাসিনকে আলাদা করা হয়।

5. **পিচ** (Pitch)ঃ পিচের বেশিরভাগ হলো মুক্ত কার্বন। পিচকে রাস্তার কাজে ব্যবহার করা হয়।

(ii) **পেট্রোলিয়াম থেকেঃ** অ্যারোম্যাটিক যৌগ সমৃদ্ধ পেট্রোলিয়াম থেকে অ্যারোম্যাটিক যৌগদের পৃথক করা যায়। এছাড়া পেট্রোলিয়াম থেকে পাওয়া বিশেষ বিশেষ অ্যালিফ্যাটিক যৌগকে বিশেষ উপায়ে অ্যারোম্যাটিক যৌগে পরিণত করা যায়। এতে অ্যালিফ্যাটিক যৌগদের বিশেষ অনুঘটকের সাহায্যে সাইক্লিজেশান (Cyclisation) এবং হাইড্রোজেন বিযুক্তিকরণের (Dehydrogenation) দ্বারা অ্যারোম্যাটিক যৌগে পরিণত করা হয়। অনুঘটক হিসেবে অ্যালুমিনার উপর ক্রোমিয়াম, মলিবডেনাম, ভ্যানাডিয়াম অক্সাইড নেওয়া হয়। তাপমাত্রা 480°-550°C এবং 11-22 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এই বিক্রিয়া করান হয়।

$$\underset{\text{n-হেক্সেন}}{CH_3(CH_2)_4{\cdot}CH_3} \longrightarrow C_6H_6 + 4H_2$$

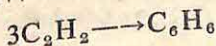
$$\underset{\text{n-হেপ্টেন}}{CH_3(CH_2)_5{\cdot}CH_3} \longrightarrow \underset{\text{টলুইন}}{C_6H_5{\cdot}CH_3} + 4H_2$$

বেনজিন (Benzene)

1825 খ্রীষ্টাব্দে ফ্যারাডে তিমি মাছের তেলকে অধিক তাপে উত্তপ্ত করে প্রথম বেনজিন আবিষ্কার করেন। 1845 খ্রীষ্টাব্দে হফম্যান আলকাতরা থেকে বেনজিন প্রস্তুত করেন এবং এটি এখনও পর্যন্ত বেনজিন ও অন্যান্য অ্যারোম্যাটিক যৌগের প্রধান উৎস। বেনজিন কথাটা গাম বেনজোইন থেকে এসেছে। কারণ গাম বেনজোইনকে চুন দিয়ে পাতনে মিতস্চার্লিচ (Mitscherlich) বেনজিন প্রস্তুত করেন। বেনজিনকে অনেক সময় ফিনে (Phine) বলে।

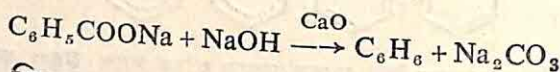
প্রস্তুতি ঃ (i) লঘু তেল থেকে ঃ আলকাতরার আংশিক পাতনে প্রাপ্ত লঘু তেলকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, জল, কস্টিক সোডা দ্রবণ জল দিয়ে ধুয়ে এবং জল তাড়িয়ে যে বিশুদ্ধ তেল পাওয়া যায়, তাকে আংশিক পাতন করলে 90% এবং 50% বেনজল পাওয়া যায়। এদের পৃথক পৃথকভাবে পুনরায় আংশিক পাতনকালে 80°-82°C-এ যে পাতিত বস্তু পাওয়া যায় তা প্রায় বিশুদ্ধ বেনজিন এবং 110°C-এ টলুইন পাওয়া যায় এবং 138°-142°C-এ জাইলিনগুলি পাওয়া যায়।

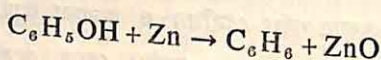
এই প্রায় বিশুদ্ধ বেনজিনে টলুইন অল্প পরিমাণে থাকে। এই বেনজিনকে 5°C-এর তলায় ঠাণ্ডা করলে বেনজিন (গলনাঙ্ক 5·4°C) কঠিনে পরিণত হয়। এই কঠিন বেনজিনের উপর চাপ দিয়ে তরল টলুইনকে (গঃ – 98°C) বার করে দেওয়া হয়। ঐ কঠিন বেনজিনকে গলিয়ে পুনরায় কঠিনে পরিণত করে ঐ একইভাবে টলুইনকে বার করে দেওয়া হয় এবং এই রকম কয়েকবার করলে টলুইন মুক্ত বেনজিন পাওয়া যায়। কিন্তু এই বেনজিনে এখনও পর্যন্ত থায়োফেন থেকে যায়, যাকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে কয়েকবার ধুয়ে বার করে দেওয়া হয়। পরে এই বেনজিনকে পাতন করে নেওয়া হয়।

(ii) পেট্রোলিয়াম থেকে ঃ পেট্রোলিয়াম থেকে পাওয়া নরম্যাল হেক্সেনকে বিশেষ প্রক্রিয়ায় বেনজিনে পরিণত করা যায়। (আগে বলা আছে)

(iii) সংশ্লেষণ পদ্ধতি দিয়ে ঃ (ক) অ্যাসিটিলিন থেকে ঃ লোহিত তপ্ত তামার নলের মধ্য দিয়ে অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রবাহিত করলে অ্যাসিটিলিন বহুলীভূত হয়ে বেনজিনে পরিণত হয়।

$$3C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6$$

(খ) **বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে ঃ** অনার্দ্র সোডিয়াম বেনজোয়েটকে সোডা লাইমের সঙ্গে মিশিয়ে নিয়ে উত্তপ্ত করলে ডিকার্বক্সিলেশানের দ্বারা বেনজিন প্রস্তুত হয়।

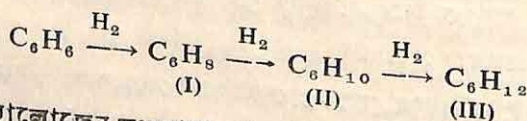
$$C_6H_5COONa + NaOH \xrightarrow{CaO} C_6H_6 + Na_2CO_3$$

(গ) **ফিনল থেকে ঃ** ফিনলকে দস্তঃরজ দিয়ে উত্তপ্ত করলে বেনজিন পাওয়া যায়।

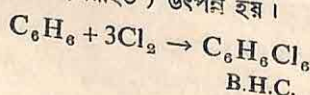
$$C_6H_5OH + Zn \rightarrow C_6H_6 + ZnO$$

ধর্ম ঃ বেনজিন তীব্রগন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন, অত্যন্ত প্রতিসারক (Refractive) ও সচল (Mobile) তরল। বেনজিন জলের থেকে হাল্কা এবং জলে অদ্রবণীয়। কিন্তু ইথার, কোহলে দ্রবণীয়। চর্বি, তেল, গন্ধক, আয়োডিন বেনজিনে দ্রাব্য।

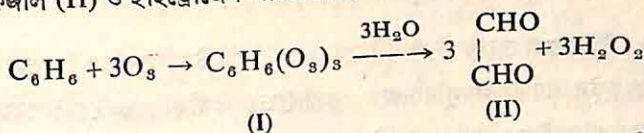
রাসায়নিক ধর্ম ঃ বেনজিন খুবই সুস্থিত যৌগ। তীব্র জারক পদার্থ ক্রোমিক অ্যাসিড, পারম্যাঙ্গানেটের অ্যাসিড দ্রবণ খুব ধীরে বেনজিনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং জলে পরিণত করে। বেনজিন অণুতে তিনটি অসম্পৃক্ততা (দ্বিবন্ধ) থাকা সত্ত্বেও এটি অলিফিন যৌগের মত তেমন সক্রিয় নয় এবং এটি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দেখায়।

বেনজিন অত্যন্ত জ্বলনশীল পদার্থ এবং অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ধোয়াযুক্ত শিখায় জ্বলে।

1. **বেনজিনের যুক্ত যৌগ গঠন বিক্রিয়া ঃ (i) হাইড্রোজেন সংযোগ ঃ** বিজারিত নিকেল ধাতু অনুবটকের উপস্থিতিতে বেনজিন হাইড্রোজেনের দ্বারা বিজারিত হয়ে প্রথমে ডাই হাইড্রো বেনজিন (I), পরে টেট্রা হাইড্রো বেনজিন (II) এবং সবশেষে হেক্সা হাইড্রো বেনজিন বা সাইক্লোহেক্সেন (III) উৎপন্ন হয়। অবশ্য যৌগে I এবং II-কে এই বিক্রিয়ায় পৃথক করা যায় না। এদের অন্যভাবে প্রস্তুত করা হয়।

$$C_6H_6 \xrightarrow{H_2} \underset{(I)}{C_6H_8} \xrightarrow{H_2} \underset{(II)}{C_6H_{10}} \xrightarrow{H_2} \underset{(III)}{C_6H_{12}}$$

(ii) **হ্যালোজেন সংযোগ ঃ** তীব্র সূর্যালোকে বেনজিনের সঙ্গে হ্যালোজেনের বিক্রিয়ায় হেক্সা হ্যালো বেনজিন উৎপন্ন হয়। ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হেক্সা ক্লোরো বেনজিন (বা বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড) উৎপন্ন হয়।

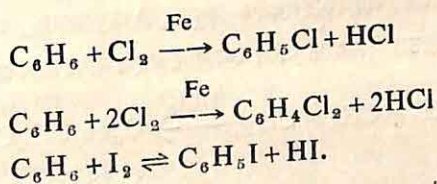
$$C_6H_6 + 3Cl_2 \rightarrow \underset{B.H.C.}{C_6H_6Cl_6}$$

(iii) **ওজোন সংযোগ ঃ** এক অণু বেনজিনের সঙ্গে তিন অণু ওজোনের বিক্রিয়ায় বেনজিন ট্রাই ওজোনাইড (I) উৎপন্ন হয়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে গ্লাইঅকজ্বাল (II) ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড পাওয়া যায়।

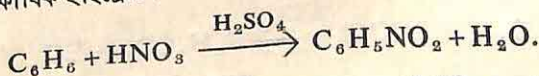
$$C_6H_6 + 3O_3 \rightarrow \underset{(I)}{C_6H_6(O_3)_3} \xrightarrow{3H_2O} 3 \underset{(II)}{\begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix}} + 3H_2O_2$$

বেনজিনে তিনটি অসম্পৃক্ততা (দ্বিবন্ধ) থাকা সত্ত্বেও এটি খুব সহজে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ নেয়। আর এইটাই প্রমাণ করে যে বেনজিনের দ্বিবন্ধগুলি অলিফিনের দ্বিবন্ধ থেকে আলাদা।

(i) **হ্যালোজেনের সঙ্গে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঃ** সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে বেনজিন হ্যালোজেনের সঙ্গে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করে, তবে বিক্রিয়াটি অত্যন্ত ধীরগতিতে হয়। কিন্তু লোহা, আয়োডিন, ফেরিক ক্লোরাইড ইত্যাদি হ্যালোজেন কেরিয়ারের উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি তাড়াতাড়ি ঘটে। আয়োডিনের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়াটি উভমুখী হওয়ার জন্য এবং সাম্যাবস্থার আয়োডো-বেনজিনের পরিমাণ কম থাকায়, আয়োডো-বেনজিনের পরিমাণ বাড়োনোর জন্য উৎপন্ন হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডকে নাইট্রিক বা আয়োডিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে দূর করা হয়।

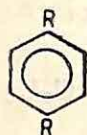
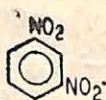
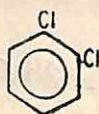
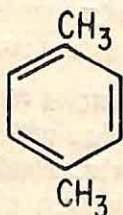
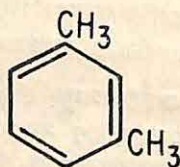
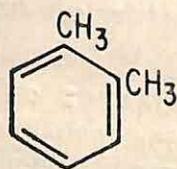
$$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{Fe} C_6H_5Cl + HCl$$

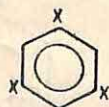
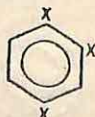
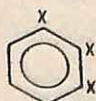
$$C_6H_6 + 2Cl_2 \xrightarrow{Fe} C_6H_4Cl_2 + 2HCl$$

$$C_6H_6 + I_2 \rightleftharpoons C_6H_5I + HI.$$

(ii) **নাইট্রেশান ঃ** ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের (অনুঘটক) উপস্থিতিতে, 50°C-এর নিচে বেনজিনের সঙ্গে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বেনজিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি নাইট্রোমূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় এবং নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে নাইট্রেশান (Nitration) বিক্রিয়া বলে। বেশি তাপমাত্রায় একাধিক হাইড্রোজেন সমসংখ্যা নাইট্রো মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

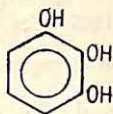
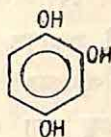
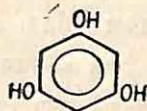
$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O.$$

(iii) **সালফোনেশান ঃ** বেনজিনকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে বেনজিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি সালফোনিক মূলক

এখন যেহেতু বেনজিনের ছয়টি কার্বন সমষড়ভুজের ছয়টি কোণে অবস্থিত এবং প্রত্যেকটি কার্বনে একটি হাইড্রোজেন সংযুক্ত এবং প্রত্যেকটি কার্বন-কার্বন বন্ধন দৈর্ঘ্য সমান এবং দৈর্ঘ্যের মান কার্বন-কার্বন একযোজক ও দ্বিযোজকের অন্তর্বর্তী হওয়ার জন্য ছয়টি হাইড্রোজেন সমতুল্য হয়। ফলে বেনজিনের 1 : 2 এবং 1 : 6 দ্বিপ্রতিস্থাপিত যৌগের মধ্যে কোন পার্থক্য নেই। সেই রকম 1 : 3 এবং 1 : 5-এর মধ্যে কোন পার্থক্য নেই।

বেনজিনের 1 : 2 দ্বিপ্রতিস্থাপিত যৌগকে অর্থো (Ortho) বা সংক্ষেপে O বলে। 1 : 3 এবং 1 : 4 দ্বিপ্রতিস্থাপিত যৌগকে যথাক্রমে মেটা বা m এবং p বলে।

দ্বিযোজ্যতা সম্পন্ন $C_6H_4<$ মূলককে ফেনিলিন মূলক বলে।

বেনজিনের তিনটি হাইড্রোজেন তিনটি অভিন্ন একযোজী মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে তিনটি সমাবয়ব যৌগ পাওয়া যায়। যেমন

1 : 2 : 3 ট্রাই প্রতিস্থাপিত যৌগ বা ভিসিনাল vicinal (সংক্ষেপে vic)

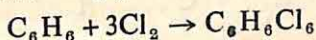
1 : 2 : 4 বা অসম asymmetrical(as)

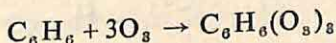
1 : 3 : 5 বা সুষম symmetrical(s)

1 : 2 : 3 ট্রাইহাইড্রক্সি বেনজিন বা vic ট্রাইহাইড্রক্সি বেনজিন

1 : 2 : 4 ট্রাইহাইড্রক্সি বেনজিন বা as ট্রাইহাইড্রক্সি বেনজিন

1 : 3 : 5 ট্রাইহাইড্রক্সি বেনজিন বা s ট্রাইহাইড্রক্সি বেনজিন

বেনজিনের গঠন ঃ (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গঠন নির্ণয়ে জানা যায় যে, বেনজিনের আণবিক সংকেত C_6H_6। ছয়টি কার্বনবিশিষ্ট সম্পৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বনের সংকেত হবে C_6H_{14}। হেক্সেনের তুলনায় বেনজিনে হাইড্রোজেনের সংখ্যা অনেক কম থাকায়, এটা স্পষ্ট যে বেনজিনে খুবই অসম্পৃক্ততা আছে এবং কার্যক্ষেত্রে এটা লক্ষ্যও করা যায়। যেমন

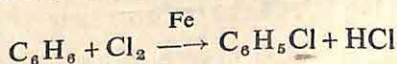
(i) অনুঘটকীয়ভাবে বেনজিনকে বিজারিত করলে ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু বেনজিনে যুক্ত হয়ে সাইক্লোহেক্সেন (C_6H_{12}) উৎপন্ন করে।

(ii) উজ্জ্বল সূর্যালোকে বেনজিন হ্যালোজেনের সঙ্গে যুতযৌগ বিক্রিয়া দেয় এবং সর্বাধিক ছয়টি হ্যালোজেন পরমাণু যুক্ত হয়।

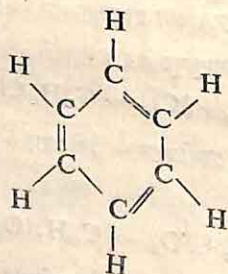
$$C_6H_6 + 3Cl_2 \rightarrow C_6H_6Cl_6$$

(iii) ওজোনের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়ায় বেনজিন ট্রাই ওজোনাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6 + 3O_3 \rightarrow C_6H_6(O_3)_3$$

উপরের বিক্রিয়াগুলি থেকে এটা স্পষ্ট যে বেনজিনে তিনটি দ্বিবন্ধ (অসম্পৃক্ততা) আছে। কিন্তু আরো পরীক্ষায় জানা যায় যে বেনজিনের এই তিনটি দ্বিবন্ধ ঠিক অলিফিনের দ্বিবন্ধের মত আচরণ করে না। যেমন

(iv) সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে এবং হ্যালোজেন কেরিয়ারের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে হ্যালোজেন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করে।

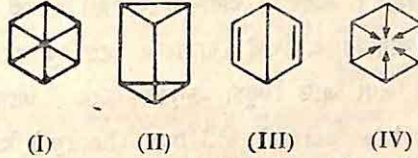
$$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{Fe} C_6H_5Cl + HCl$$

(v) শীতল ক্ষারীয় পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বেনজিনকে জারিত করতে পারে না, কিন্তু অনেক সময় ধরে উত্তপ্ত করলে বেনজিন জারিত হয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়।

(vi) হ্যালোজেন অ্যাসিডগুলি বেনজিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। উপরে বর্ণিত সকল বিক্রিয়া থেকে এটাই প্রমাণিত হয় যে, বেনজিনে তিনটি দ্বিবন্ধ আছে ; কিন্তু এই তিনটি দ্বিবন্ধ অলিফিনের দ্বিবন্ধ থেকে আলাদা প্রকৃতির। আর এই পার্থক্যের জন্য বেনজিনের কিছু অন্য ধরনের ধর্ম যেমন বেনজিন অণুর সম্পৃক্ততা (কিছুটা) এবং সুস্থিরতা (Stability) লক্ষ্য করা যায়। আর যাকে অ্যারোম্যাটিক ধর্ম (Aromatic properties) বা অ্যারোম্যাটিসিটি (Aromaticity) বলে।

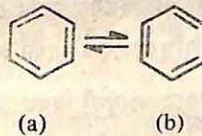
বেনজিনে কেবলমাত্র একটি এক প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে। অতএব বেনজিনের ছয়টি হাইড্রোজেন সমতুল্য এবং বেনজিনকে বিজারিত করলে সাইক্লোহেক্সেন পাওয়া যায়। এই সমস্ত বিক্রিয়া এবং ব্যাপার দেখে কেকুলে প্রথম বেনজিনের চক্রাকার গঠন দেন এবং বলেন যে, বেনজিনের ছয়টি কার্বন পরমাণু সমষড়ভুজের ছয়টি কোণে অবস্থিত। প্রত্যেকটি কার্বনের সঙ্গে একটি হাইড্রোজেন যুক্ত এবং কার্বন পরমাণুগুলি পর্যায়ক্রমে একবন্ধ ও দ্বিবন্ধ দিয়ে যুক্ত হয়ে বেনজিনের চক্রাকার গঠন দেয় (কিন্তু প্রমাণ করতে পারেননি)।

বেনজিনের এই গঠন কতকগুলি ব্যাপার সুন্দরভাবে ব্যাখ্যা করতে পারে। যেমন (i) বেনজিনে তিনটি সংযুগ্মী দ্বিবন্ধ (Conjugated double bond) আছে। (ii) ছয়টি হাইড্রোজেন সমতুল্য এবং (iii) কার্বনের যোজ্যতা চার।

কেকুলের দেওয়া বেনজিনের গঠনের ত্রুটি : (i) অলিফিন যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এমন কিছু বিক্রিয়ক কেন বেনজিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, তা কেকুলের দেওয়া বেনজিনের গঠন ব্যাখ্যা করতে পারে না। (ii) কেকুলের গঠন অনুযায়ী বেনজিনের দু ধরনের (1 : 2 এবং 1 : 6) অর্থো দ্বিপ্রতিস্থাপিত সমাবয়ব যৌগ পাওয়ার কথা, কিন্তু শতচেষ্টা করেও দুটি অর্থো সমাবয়ব যৌগ প্রস্তুত সম্ভব হয়নি।

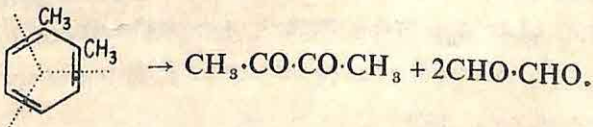
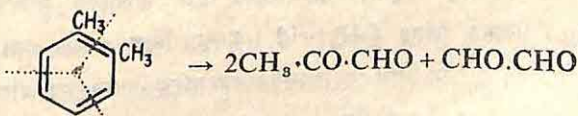
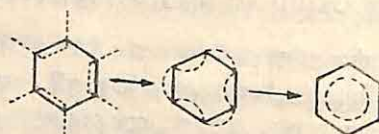
এই ত্রুটি দূর করার জন্য ক্লস (Claus), ল্যাডেনব্যার্গ (Ladenberg) ডিওয়ার (Dewar), আর্মস্ট্রং ও বায়ার (Armstrong & Baeyer) ইত্যাদি ভিন্ন রসায়নবিদ বেনজিনের ভিন্ন গঠন উপস্থিত করেন এবং নিজেদের দেওয়া গঠনের স্বপক্ষে কিছু কিছু যুক্তিও উপস্থিত করেন। কিন্তু নানা কারণে সেগুলি বাতিল হয়ে যায়।

(I) (II) (III) (IV)

ক্লস উপস্থিত করেন ডায়াগোনাল গঠন (I), লাডেনবার্গ দেন প্রিজম গঠন (II), ডিওয়ার ডায়াগোনাল গঠন (III) এবং আর্মস্ট্রং ও বেয়ার দেন সেন্ট্রিক গঠন (IV)।

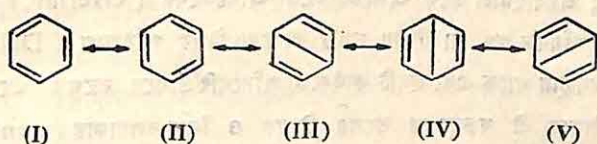
ইতিমধ্যে কেকুলে তাঁর দেওয়া বেনজিনের গঠন সম্বন্ধে মত কিছুটা পরিবর্তন করে বলেন যে, বেনজিনের দ্বিবন্ধগুলি নিশ্চল নয়; কিন্তু দুটি অবস্থানের মধ্যে সর্বদা সঞ্চারশীল বা দোদুল্যমান অবস্থায় থাকে। এতে বেনজিনের কার্বন কার্বনের মধ্যে কোন একসময় একবন্ধ হিসেবে এবং পর মুহূর্তে দ্বিবন্ধ হিসেবে থাকে। এতে 1 : 2 এবং 1 : 6 দুটি অর্থো দ্বিপ্রতিস্থাপিত সমাবয়বের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকে না।

(a) (b)

কেকুলের দোদুল্যমান গঠনের স্বপক্ষে যুক্তি : লাভিন (Levine) ও কোলে (Cole) অর্থো জাইলিনকে ওজোনোলিসিস ও হাইড্রোলিসিস করে গ্লাইঅকজাল (CHO·CHO), মিথাইল গ্লাইঅকজাল (CH_3·CO·CHO) এবং ডাইমিথাইল গ্লাইঅকজাল (CH_3CO·CO·CH_3) পান এবং বলেন যে দুরকম গঠন বিশিষ্ট অর্থো জাইলিন না হলে তিনরকম কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন সম্ভব নয়। ফলে তাঁরা কেকুলের দোদুল্যমান গঠনকে সমর্থন করেন।

CH_3, CH_3 $\rightarrow 2CH_3\cdot CO\cdot CHO + CHO.CHO$

CH_3, CH_3 $\rightarrow CH_3\cdot CO\cdot CO\cdot CH_3 + 2CHO\cdot CHO.$

থিলার (Thiele's) আংশিক যোজ্যতা দিয়ে বেনজিনের গঠন ব্যাখ্যা ঃ সংযুগ্মী দ্বিবন্ধ বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বনের দ্বিবন্ধ দিয়ে যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলিতে বস্তুত কার্বন কার্বন একটি পূর্ণ এক বন্ধন বা যোজক এবং একটি আংশিক যোজক দ্বারা যুক্ত থাকে এবং এর ফলে ঐ দুই কার্বনের প্রত্যেকটিতে কিছু (আংশিক) যোজ্যতা অবশিষ্ট থাকে। এইরকম অবশিষ্ট যোজ্যতা বিশিষ্ট কার্বন তার পাশের (একবন্ধ দ্বারা যুক্ত) কার্বনের অবশিষ্ট যোজ্যতার সঙ্গে যুক্ত হয়ে একটি আংশিক যোজক উৎপন্ন করে এবং এতে কিছুটা সম্পৃক্ততা আনে। একে থিলার আংশিক যোজ্যতা তত্ত্ব (Thiele's partial valency theory) বলে। তিনি এই তত্ত্বটি বেনজিনের উপর প্রয়োগ করে বেনজিনের গঠন ব্যাখ্যা করেন।

এতে বেনজিনের যে কোন কার্বন কার্বনের মধ্যে যোজকটি এক ও দ্বিবন্ধের অন্তর্বর্তী অবস্থায় থাকে। ফলে দুটি অর্থো অবস্থানের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকে না এবং একই সঙ্গে এই গঠন বেনজিনের সুস্থিরতাকেও ব্যাখ্যা করে।

কিন্তু বেনজিনের মত চক্রাকার সংযুগ্মী দ্বিবন্ধ বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন সাইক্লো-অক্টাটেট্রাইন (Cyclo octatetraene) কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় খুবই সক্রিয়। যা থিলার তত্ত্বের বিপরীত। ফলে এই থিলার তত্ত্ব বেনজিনের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হতে পারে না।

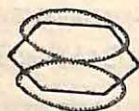
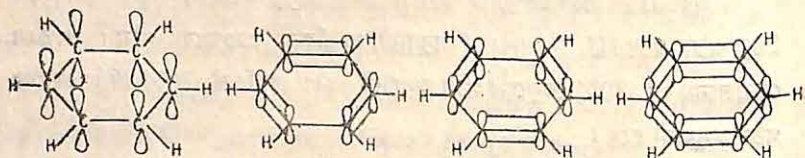
সংস্পন্দন গঠন ঃ বেনজিনের সুস্থিরতা এবং কিছু কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নিস্ক্রিয়তা সংস্পন্দন তত্ত্বের (Resonance theory) সাহায্যে সুন্দরভাবে আজকাল ব্যাখ্যা করা হয়। এই তত্ত্ব অনুসারে বেনজিনের গঠন একাধিক সংস্পনশীল (Resonating) গঠনের সঙ্কর (Hybrid) অবস্থা দিয়ে প্রকাশ করা হয়। কোন একটি সংস্পন্দনশীল গঠন দিয়ে বেনজিনের সকল ধর্মকে ব্যাখা করা যাবে না, কিন্তু ঐ সকল গঠনের ধর্মের বীজগাণিতিক যোগফলের (Algebric sum) সমান হবে বেনজিনের ধর্ম অর্থাৎ সংস্পন্দন সঙ্করে যে সংস্পন্দনশীল গঠন যে (শতকরা) পরিমাণে আছে সেই অনুযায়ী ধর্মও সেই মত হবে। বেনজিনের সংস্পন্দন সঙ্করে পাঁচটি সংস্পন্দনশীল গঠন আছে।

(I) (II) (III) (IV) (V)

I এবং II নং গঠন কেকুলের গঠন যা প্রায় 80% আছে সঙ্করে এবং অবশিষ্ট 20% গঠন হবে III, IV এবং V অনুযায়ী, যা কিনা ডিওয়ারের গঠন। অতএব বেনজিনের ধর্ম 80% কেকুলের গঠন অনুযায়ী এবং অবশিষ্ট 20% ধর্ম ডিওয়ারের গঠন অনুযায়ী হবে।

সংস্পন্দন তত্ত্ব অনুযায়ী বেনজিনের কার্বন কার্বনের মধ্যে একবন্ধ বা দ্বিবন্ধে আলাদা কোন অস্তিত্ব নেই এবং কার্বন কার্বন যোজক দৈর্ঘ্য 1·39Å যা কিনা কার্বন কার্বন দ্বিবন্ধ (1·34Å) এবং একবন্ধ (1·54Å) দৈর্ঘ্যের মধ্যবর্তী।

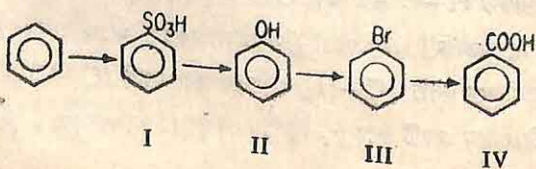
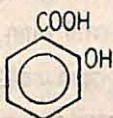
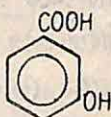
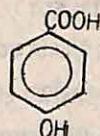
সাইক্লোহেক্সিন ও বেনজিনের হাইড্রোজেন সংযুক্তকরণ তাপ (Heat of hydrogenation) থেকে বেনজিনের সংস্পন্দন সঙ্কর গঠনকে ব্যাখ্যা করা যায়। একটি দ্বিবন্ধবিশিষ্ট প্রতিমোল সাইক্লোহেক্সিনের হাইড্রোজেন সংযুক্তকরণে 28·6 কিলো ক্যালোরী তাপ বিমোচিত (Evolve) হয়। ফলে তিনটি দ্বিবন্ধবিশিষ্ট বেনজিনের ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন সংযুক্তকরণে তাপ বিমোচিত হবে $3 \times 28{\cdot}6$ কিলো ক্যালোরি প্রতি মোল। কিন্তু কার্যক্ষেত্রে 49·8 কিলো ক্যালোরি/মোল তাপ বিমোচিত হয়। অর্থাৎ বেনজিনে অন্তর্নিহিত শক্তির পরিমাণ কম হওয়ার জন্য কেকুলের গঠন অনুযায়ী তিনটি অলিফিন জাতীয় দ্বিবন্ধের গঠনের তুলনায় অনেক সুস্থির যৌগ। এই হিসাব-নির্ভর (Calculated) মান এবং পর্যবেক্ষণ (Observed) মানের পার্থক্য $(85{\cdot}8 - 49{\cdot}8) = 36$ কিলো ক্যালোরি/মোলকে সংস্পন্দনশক্তি (resonance energy) বা স্থিতিশীল শক্তি (Stabilisation energy) বলে এবং সংস্পন্দনের জন্য এই শক্তির প্রয়োজন হয়।

বর্ণালী বীক্ষণ পরীক্ষা এবং এক্স-রে পরীক্ষায় জানা যায় যে, বেনজিনের অণুটি সমতলবিশিষ্ট সমষড়ভুজ (120°) এবং ছয়টি হাইড্রোজেন ষড়ভুজের সঙ্গে অভিন্ন তলে বর্তমান। প্রত্যেকটি H—C—C এবং C—C—C কোণের মান 120° এবং প্রতিটি কার্বন পরমাণু ত্রিসমতাক্ষ (trigonal) সঞ্চরণ অবস্থায় থাকে অর্থাৎ sp^2 সঞ্চরণ অবস্থায়। বেনজিনে ছয়টি (C—H) σ বন্ধনে এবং ছয়টি (C—C) σ বন্ধন আছে এবং প্রত্যেকটি কার্বনে একটি করে p_z ইলেক্ট্রন ষড়ভূজের তলের সঙ্গে লম্বভাবে আছে।

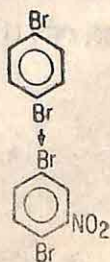
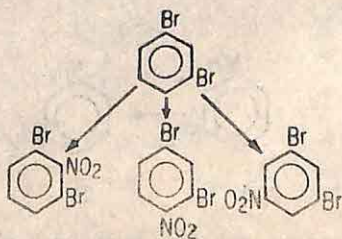
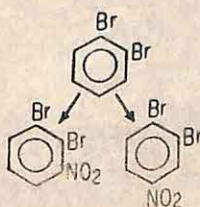
ছয়টি p_z অরবাইটাল একে অপরের সঙ্গে অধিক্রমণের (Overlap) ফলে π অরবাইটালে পরিণত হয় যা কিনা ছয়টি কার্বনের উপর পরিব্যাপ্ত (Delocalisation) অবস্থায় থাকে এবং ছয়টি কার্বনকে পরিবেষ্টিত করে রাখে। এতে মোট ফল গিয়ে দাঁড়ায় ঐ ষড়ভুজের তলের উপরে ও নিচে বলয়াকার (annular) ইলেকট্রনের মেঘের স্তর থাকে।

বেনজিনের ছয়টি হাইড্রোজেন সমতুল্য: বেনজিনের ছয়টি হাইড্রোজেন সমতুল্য, কারণ বেনজিন একটিমাত্র একপ্রতিস্থাপিত যৌগ দেয়। যেমন মনোক্লোরো বেনজিন বা নাইট্রোবেনজিন, ফিনল ইত্যাদি। অবশ্য এতেই প্রমাণ হয় না যে বেনজিনের ছয়টি হাইড্রোজেন সমতুল্য। কারণ এক প্রতিস্থাপিত যৌগ প্রস্তুতকালে বেনজিনের একটি বিশেষ হাইড্রোজেনই প্রতিক্ষেত্রে প্রতিস্থাপিত হচ্ছে বলে ধরা যেতে পারে।

এখন বেনজিনকে সালফোনেশান বিক্রিয়া করে বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। মনে করি সালফোনিক অ্যাসিড মূলকটি বেনজিনের 1 নং কার্বনে সংযুক্ত। এখন বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডকে (I) ফিনলে (II) পরিবর্তন করা হলো এবং ফিনলকে ব্রোমোবেনজিন (III) এবং পরে বেনজোয়িক অ্যাসিডে (IV) পরিণত করা হলো। এখন বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডে সালফোনিক মূলক যে কার্বনে সংযুক্ত, ফিনলের হাইড্রক্সিমূলক সেই কার্বনে, ব্রোমোবেনজিনের ব্রোমিন এবং বেনজোয়িক অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক সেই কার্বনে সংযুক্ত থাকবে।

SO_3H OH Br COOH

I II III IV

এখন বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে অর্থো, মেটা এবং প্যারা এই তিনটি হাইড্রক্সি বেনজোয়িক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় এবং ঐ সকল যৌগে কার্বক্সিল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে হাইড্রক্সি মূলকের অবস্থান যথাক্রমে 2, 3 এবং 4 কার্বনে হবে।

অর্থো বা 2 হাইড্রক্সি বেনজোয়িক অ্যাসিড — মেটা বা 3 হাইড্রক্সি বেনজোয়িক অ্যাসিড — প্যারা বা 4 হাইড্রক্সি বেনজোয়িক অ্যাসিড

ঐ তিন প্রকার হাইড্রক্সি অ্যাসিডকে পৃথক পৃথকভাবে সোডালাইম দিয়ে উত্তপ্ত করে ডিকার্বক্সিলেশান করলে অভিন্ন ফিনল পাওয়া যায়। অতএব বেনজিনের 1, 2, 3 এবং 4 নং কার্বনের হাইড্রোজেনগুলি সমতুল্য। নানা রকম বিক্রিয়া বেনজিনের উপর করে এটা প্রমাণ করা যায় যে 5 এবং 6 নং কার্বনের হাইড্রোজেনগুলিও 1, 2, 3, 4 নং কার্বনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে সমতুল্য।

দিকস্থিতি (Orientation) ঃ দুই বা দুইয়ের অধিক প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগের প্রতিস্থাপকের (Substituents) অবস্থান নির্ণয় করার পদ্ধতিকে দিকস্থিতি বা ওরিয়েনটেশান বলে।

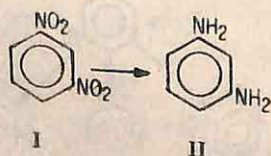
কোরনারের চরম পদ্ধতি (Körner's absolute method) ঃ এই পদ্ধতিতে বেনজিনের $C_6H_4X_2$ বিশিষ্ট দ্বিপ্রতিস্থাপিত যৌগের দিকস্থিতি নির্ণয় করা যায়। নিয়মটি হলো এই যে $C_6H_4X_2$ যৌগে একটি তৃতীয় মূলক প্রবেশ করিয়ে দেওয়া হয় এবং এর ফলে উৎপন্ন সমাবয়ব যৌগের সংখ্যা নির্ণয় করা হয়। এতে $C_6H_4X_3$ অর্থো যৌগটি থেকে দুটি, মেটা যৌগটি থেকে তিনটি এবং প্যারা যৌগ থেকে একটি সমাবয়ব যৌগ পাওয়া যাবে।

কোরনার ডাই ব্রোমোবেনজিনের অর্থো, মেটা, প্যারা তিনটি সমাবয়ব যৌগকে পৃথক পৃথক ভাবে নাইট্রেশান করে উৎপন্ন নাইট্রো যৌগের সংখ্যা নির্ণয় করেন। যে ডাই ব্রোমোবেনজিন থেকে দুটি সমাবয়বী নাইট্রো যৌগ পাওয়া গেল, সেটা অবশ্যই অর্থো যৌগ হবে। সেই রকম যেটি থেকে তিনটি সমাবয়বী নাইট্রো যৌগ পাওয়া গেল সেটি মেটা হবে এবং একটি নাইট্রো যৌগ পাওয়া গেলে সেটি প্যারা যৌগ হবে।

এই পদ্ধতির প্রধান অসুবিধে হলো (i) অনেক সময় কোন একটি সমাবয়বের পরিমাণ এতই নগণ্য হয় যে তাকে সনাক্ত করা কঠিন হয়, ফলে ভুল হবার সম্ভাবনা থাকে। (ii) প্রতিস্থাপকের নিজের প্রভাবের ফলে কোন সময় সব কটি সমাবয়ব প্রস্তুত খুবই কঠিন হয়ে পড়ে।

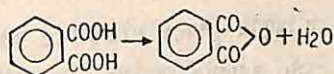
কোরনারের বিপরীত পদ্ধতি (Körner's reverse process) : কোরনার চরম পদ্ধতির অসুবিধে থাকার জন্য বিপরীত পদ্ধতিটি অধিক কার্যকর। এতে ত্রিপ্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগ থেকে একটি মূলককে অপসারিত করা হয় এবং কতকগুলি ত্রিপ্রতিস্থাপিত যৌগ থেকে অভিন্ন যৌগ পাওয়া যায় তা দেখা হয়। যেমন ছয়টি ডাই অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিডকে পৃথক পৃথক ভাবে সোডা লাইম দিয়ে পাতিত করলে দেখা যায় যে তিনটি ভিন্ন ডাই অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে অভিন্ন ফেনিলিন ডাই অ্যামিন পাওয়া যায়। অতএব ঐ ফেনিলিন ডাই অ্যামিন যৌগটি অবশ্য মেটা হবে। আর যে দুটি ভিন্ন ডাই অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে অভিন্ন ফেনিলিন ডাই অ্যামিন পাওয়া যায়, সেক্ষেত্রে ঐ ডাই অ্যামিনটি অর্থো যৌগ হবে। যার থেকে কেবলমাত্র একটি ডাই অ্যামিন পাওয়া যাবে সেটি প্যারা যৌগ হবে।

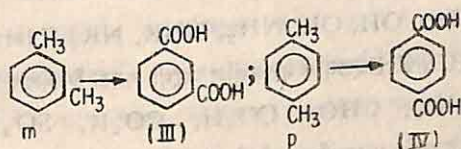
আপেক্ষিক পদ্ধতি (Relative method) : কোন একটি যৌগে প্রতিস্থাপকের অবস্থান নির্ণয়ে ঐ যৌগকে এমন একটি যৌগে পরিণত করা হয়, যার প্রতিস্থাপকের অবস্থান জানা আছে। যেমন যে ডাই নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করলে *m* ডাই অ্যামাইনো বেনজিন (II) পাওয়া যাবে সেখানে ঐ ডাই নাইট্রো যৌগটি মেটা যৌগ (I) হবে।

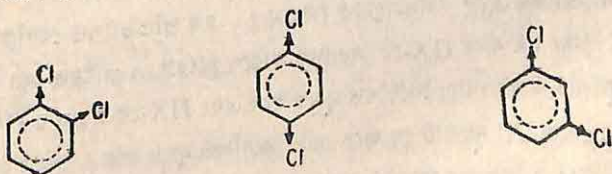
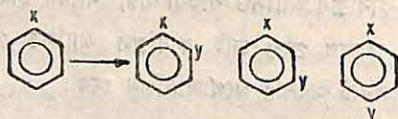
NO_2, NO_2 → NH_2, NH_2

I II

এই পদ্ধতিতে সমাবয়ব জাইলিনের দিকস্থিতি নির্ণয় করা যায়। জাইলিনগুলিকে

জারণে বেনজিন ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড পাওয়া যায়, যাদের দিকস্থিতি জানা আছে। যেমন যে জাইলিনকে জারণে প্রাপ্ত ডাই কার্বক্সিল অ্যাসিড থেকে অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায় সেই জাইলিনটি অবশ্যই অর্থোজাইলিন হবে।

$$C_6H_4(COOH)_2 \rightarrow C_6H_4\genfrac{}{}{0pt}{}{CO}{CO}\!>\!O + H_2O$$

যে জাইলিনকে জারণে আইসোথ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, সেই জাইলিনটি মেটা হবে এবং যাকে জারণে টেরাথ্যালিক অ্যাসিড (IV) পাওয়া যায়, সেটি প্যারা জাইলিন হবে।

$$\underset{m}{C_6H_4(CH_3)_2} \rightarrow \underset{(III)}{C_6H_4(COOH)_2}\;;\; \underset{p}{C_6H_4(CH_3)_2} \rightarrow \underset{(IV)}{C_6H_4(COOH)_2}$$

দ্বিধ্রুব আঘূর্ণের পরিমাণ নির্ণয়ের দ্বারা (Dipole moment) ঃ দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগের দিকস্থিতি এই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়। এক্ষেত্রে প্রতিস্থাপকগুলি পরমাণু বা মূলক হতে পারে। এই পদ্ধতিতে দ্বিপ্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগের দ্বিধ্রুব আঘূর্ণের পরিমাণ হিসাব করে নির্ণয় করা হয়। এবং পরে যৌগের উপর পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করা হয়। যেমন p ডাইক্লোরোবেনজিনে ক্লোরিন পরমাণু দুটি একে অন্যে বিপরীত দিকে থাকে বলে দ্বিধ্রুব আঘূর্ণের লব্ধ (Resultant) মান শূন্য হবে। মেটা ডাইক্লোরোবেনজিনের দ্বিধ্রুব আঘূর্ণের লব্ধ মান অর্থো যৌগ থেকে কম হবে। এখন দ্বিপ্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগের দিকস্থিতি নির্ণয়ের ক্ষেত্রে দ্বিধ্রুব আঘূর্ণের পরীক্ষালব্ধ মান যে বিশেষ দিকস্থিতির হিসাব নির্ভর মানের সঙ্গে সমান বা প্রায় সমান হবে ঐ বিশেষ দিকস্থিতি হবে সেই যৌগের।

$$\text{o-}C_6H_4Cl_2 \qquad \text{p-}C_6H_4Cl_2 \qquad \text{m-}C_6H_4Cl_2$$

দিকস্থিতির নিয়ম (Rules of orientation) ঃ বেনজিনের বৃত্তে একটি মূলককে প্রতিস্থাপিত করলে এক প্রকার জাতক পাওয়া যায়। কিন্তু দ্বিতীয় মূলককে প্রতিস্থাপিত করলে তিনটি সমাবয়ব যৌগ পাওয়া যায়।

এটা লক্ষ্য করা গেছে যে দ্বিতীয় মূলককে প্রতিস্থাপিত করলে প্রধান উৎপন্ন যৌগ হবে অর্থো এবং প্যারা বা মেটা সমাবয়ব, বেনজিনের বৃত্তে 'X' মূলকের উপস্থিতিতে দ্বিতীয় মূলকটি (Y) যদি অর্থো এবং প্যারা অবস্থানটি দখল করে, তবে 'X' মূলককে অর্থো-প্যারা নির্দেশিত মূলক বলে এবং মেটা অবস্থানে জায়গা নিলে 'X' মূলককে মেটা নির্দেশিত মূলক বলে।

R (অ্যালকাইল), OH, OR, NH_2, NHR, NR_2, $NHCOCH_3$. Cl, Br, I, F, CH_2Cl, SH ইত্যাদি মূলকগুলি অর্থো প্যারা নির্দেশক মূলক।

অপরদিকে NO_2, CHO, CO_2H, CO_2R, SO_3H, SO_2Cl, $COCH_3$, CN ইত্যাদি মূলকগুলি মেটা নির্দেশক মূলক।

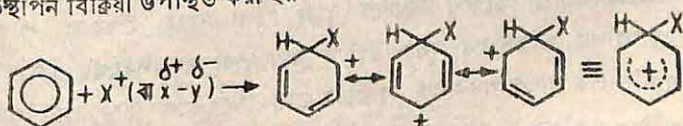
বেনজিন বৃত্তে একটি মূলকের উপস্থিতিতে দ্বিতীয় মূলককে অন্তর্ভূত করলে কোন বস্তুটি (সমাবয়ব) উৎপন্ন হবে, তা ভবিষ্যৎবাণী করার জন্য একাধিক জন মোটামুটি কিছু নিয়ম বার করেছিলেন।

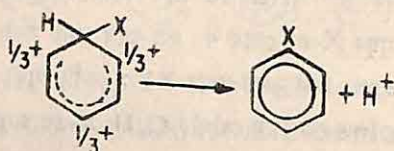
কোরনার, হুয়েবনার এবং নোয়েলটিং-এর নিয়ম : তাঁরা বলেছিলেন যে, মৃদু ক্ষারকীয় বা মৃদু আম্লিক মূলক বেনজিন বৃত্তে থাকলে তার দরুন অর্থো-প্যারা যৌগ (সমাবয়ব) উৎপন্ন হবে। পক্ষান্তরে তীব্র অ্যাসিড মূলক থাকলে মেটা যৌগ উৎপন্ন হবে। যেমন ফিনলিক হাইড্রক্সিল মূলকটি মৃদু আম্লিক মূলক এবং NH_2 মৃদু ক্ষারকীয় মূলক। এরা বেনজিন বৃত্তে থাকলে তার দরুন অর্থো-প্যারা যৌগ উৎপন্ন হবে। আবার COOH, SO_3H মূলক থাকলে মেটা যৌগ উৎপন্ন হবে কারণ COOH বা SO_3H মূলকগুলি তীব্র অ্যাসিড মূলক।

ক্রাম, ব্রাউন এবং গিবসনের নিয়ম : এক প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগ C_6H_5X এমন হয় যখন HX-কে সরাসরি জারণে HOX-এ পরিণত করা যায় না, তবে X মূলকটি অর্থো-প্যারা নির্দেশিত মূলক হবে এবং HX-কে সরাসরি HOX-এ জারিত করা গেলে 'X' মূলকটি সেক্ষেত্রে মেটা নির্দেশিত মূলক হবে। যেমন টলুইনের ($C_6H_5 \cdot CH_3$) মিথাইল মূলকটি অর্থো-প্যারা নির্দেশিত মূলক, কারণ $H \cdot CH_3$ বা CH_4-কে সরাসরি CH_3OH-এ পরিণত করা যায় না। আবার নাইট্রোবেনজিনে ($C_6H_5NO_2$) নাইট্রো মূলকটি মেটা নির্দেশিত মূলক, কারণ HNO_2-কে সরাসরি $HONO_2$-তে জারিত করা যায়।

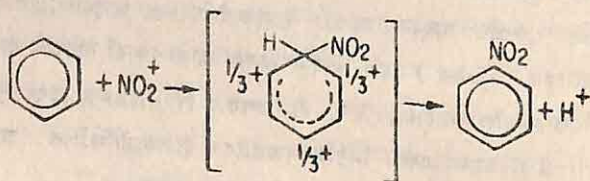
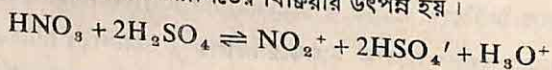
হ্যামিক-ইলিংওয়ার্থের নিয়ম : এই নিয়ম অনুসারে এক প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগ C_6H_5XY এমন যদি হয় যেখানে Y মৌলটি X মৌলের থেকে পর্যায় সারণীতে পরবর্তী গ্রুপ বা শ্রেণীতে থাকে অথবা X এবং Y একই গ্রুপে কিন্তু Y-এর পারমাণবিক গুরুত্ব X-এর থেকে কম হয় তবে সেই সমস্ত ক্ষেত্রে XY মূলকটি মেটা নির্দেশক মূলক হবে। অন্য সমস্ত ক্ষেত্রে XY মূলকটি অর্থো-প্যারা নির্দেশক হবে। আর যদি এক প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগটি C_6H_5X-এর অনুরূপ হয় অর্থাৎ একটি মৌল দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় সেক্ষেত্রেও অর্থো-প্যারা নির্দেশিত মূলক হবে। যেমন $C_6H_5NO_2$-এর নাইট্রো মূলকের অক্সিজেন পর্যায় সারণীতে (VI) শ্রেণী এবং নাইট্রোজেন (V) শ্রেণীতে আছে। অতএব NO_2 মূলকটি মেটা নির্দেশক। $C_6H_5SO_3H$-এর সালফার ও অক্সিজেন একই শ্রেণীতে থাকলেও অক্সিজেনের পাঃ গুঃ সালফারের থেকে কম। সুতরাং SO_3H মূলকটি মেটা নির্দেশক। আবার C_6H_5Cl-এর Cl অর্থো-প্যারা নির্দেশক। অন্যান্য সমস্ত মূলক অর্থো-প্যারা নির্দেশক।

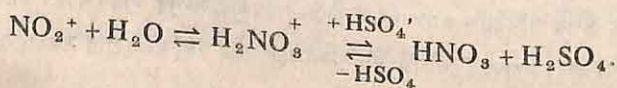
অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপনের ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব (Electronic theory of aromatic substitutions) : ঋণাত্মক আধানে আহিত বলয় অ্যারোম্যাটিক বৃত্তের তলের উপরে নিচে থাকার ফলে অ্যারোম্যাটিক বৃত্তের কার্বন পরমাণুগুলিকে নিউক্লিয়োফিলিক (Nucleophilic) বিকারকের আক্রমণের হাত থেকে রক্ষা করে এবং পক্ষান্তরে ইলেকট্রোফিলিক (Electrophilic) বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করতে সাহায্য করে। ইলেকট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সমেরুক (Polar) হয়। এই বিক্রিয়ায় আক্রমণকারী বিকারক বা ইলেকট্রো-ফিলিক বিকারকগুলি ক্যাটায়ন (X^+) বা প্রশম (Neutral), কিন্তু সমেরু যৌগ (Polarised) হবে এবং নিম্নলিখিতভাবে ইলেকট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া উপস্থিত করা হয়।

$$C_6H_6 + X^+ (\text{বা } \overset{\delta+}{X}-\overset{\delta-}{Y}) \longrightarrow [C_6H_6X]^+ \longleftrightarrow [C_6H_6X]^+ \longleftrightarrow [C_6H_6X]^+ \equiv [C_6H_6X]^+$$

অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার এই মধ্যবর্তী যৌগটির এখন আর অ্যারো-ম্যাটিক গঠন নেই। কিন্তু এটি ক্ষণস্থায়ী ক্যাটায়ন যাতে 4টি π ইলেকট্রন পাঁচটি কার্বন পরমাণুর উপর পরিব্যাপ্ত থাকে। ষষ্ঠ কার্বন পরমাণুটি সম্পৃক্ত কার্বন কারণ এটিতে চারটি σ বন্ধন আছে। মধ্যবর্তী যৌগটি সংস্পন্দনশীল গঠন হয়, যারা প্রায় সমমাত্রায় বর্তমান।

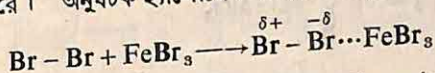
এই মধ্যবর্তী যৌগ থেকে একটি প্রোটন চলে গেলে যৌগটি পুনরায় অ্যারোম্যাটিক গঠন প্রাপ্ত হয় এবং এক্ষেত্রে বেনজিনের প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে।

মধ্যবর্তী যৌগটি (ক্যাটায়ন) অ্যানায়নের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার থেকে প্রোটন পরিত্যাগ করে অ্যারোম্যাটিক গঠন লাভ করা অধিকতর সহজ ব্যাপার এবং এই অনুসারে বিক্রিয়াটি চলবে।

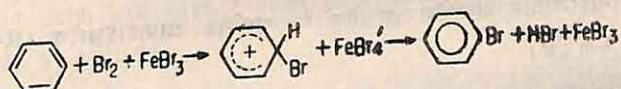
প্রতিস্থাপন বিক্রিয়কের প্রকৃতি : অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিকারক বা বিক্রিয়ক X^+ বা ($\overset{\delta+}{X}-\overset{\delta-}{Y}$) সেই বিক্রিয়া আরম্ভ হবার সময় যোগ করা হবেই এমন কোন কথা নেই। যেমন নাইট্রেশান বিক্রিয়ায় ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ যা ব্যবহার করা হয়, তার নাইট্রিক অ্যাসিড বেনজিনকে আক্রমণ করে না। কিন্তু অধিকতর শক্তিশালী নাইট্রেটিং (Nitrating) পদার্থ নাইট্রোনিয়াম আয়নের দ্বারা সম্পাদিত হয়, যা নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$HNO_3 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons NO_2^+ + 2HSO_4' + H_3O^+$$

অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপনে অনুঘটকের কাজ হলো সহজে অধিকতর শক্তিশালী ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন মূলক উৎপন্ন করা এবং যে পদার্থের উপস্থিতিতে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন মূলক বিক্রিয়ার ক্ষেত্র থেকে চলে যাবে, সেই পদার্থটি বিক্রিয়াটিকে মন্দীভূত বা বন্ধ করে দেবে। যেমন নাইট্রেশান বিক্রিয়ার কালে জল যোগ করলে বা জল উপস্থিত থাকলে বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে যাবে। কারণ জল নাইট্রোনিয়াম আয়নকে দূর করে দেয়।

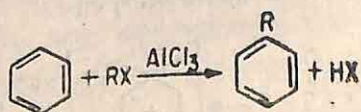
$$NO_2^+ + H_2O \rightleftharpoons H_2NO_3^+ \underset{-HSO_4}{\overset{+HSO_4'}{\rightleftharpoons}} HNO_3 + H_2SO_4.$$

অতএব ধূমায়িত নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ধূমায়িত সালফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রেশান বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজন হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ছাড়াও অন্য যৌগের উপস্থিতিতে নাইট্রেশান করা যায়। যেমন পারক্লোরিক অ্যাসিড। কারণ এই অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডের থেকে অধিক সহজে নাইট্রিক অ্যাসিড থেকে নাইট্রোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন করে।

হ্যালোজিনেশান : আণবিক হ্যালোজেন অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে জটিল যৌগ (Complex) গঠন করে। এতে হ্যালোজেন অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের কাছে চলে আসে, ফলে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াটি সহজতর হয়। তবে সব ক্ষেত্রে যে প্রতিস্থাপন হবে এমন কথা নেই। এর জন্য চাই অনুঘটক। অনুঘটক হিসেবে সাধারণত ধাতব হ্যালাইড ব্যবহার করা হয়, যা কিনা ইলেকট্রন গ্রহণ করতে পারে। অনুঘটক হ্যালোজেন বন্ধনকে সমেরুক করে তোলে।

$$Br - Br + FeBr_3 \longrightarrow \overset{\delta+}{Br} - \overset{-\delta}{Br} \cdots FeBr_3$$

হ্যালোজেনের দ্বিমেরুর ধনাত্মক প্রান্তটি অ্যারোম্যাটিক যৌগটিকে আক্রমণ করে এবং ঋণাত্মক প্রান্তটি অনুঘটকের সঙ্গে জটিল যৌগে পরিণত হয়ে থাকে।

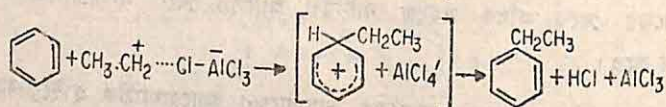
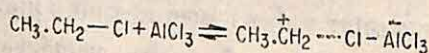
$$C_6H_6 + Br_2 + FeBr_3 \rightarrow [C_6H_6Br]^+ + FeBr_4^- \rightarrow C_6H_5Br + HBr + FeBr_3$$

হ্যালোজেনগুলির বিক্রিয়া করার পর্যায়ক্রম হবে $F > Cl > Br > I$। হ্যালোজিনেশান বিক্রিয়ায় আয়োডিন অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়। আয়োডিনেশান বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করলে সহজে I^+ আয়ন উৎপন্ন হয়, যা কিনা সহজেই আয়োডো-বেনজিন উৎপন্ন করে।

অ্যালকাইলেশান (ফ্রিডেল ক্রাফ্‌টস বিক্রিয়া) : অ্যালকাইল বেনজিন যৌগ সংশ্লেষণে সাধারণত অ্যালকাইলেটিং বিক্রিয়ক হিসেবে অ্যালকাইল হ্যালাইড এবং অনুঘটক হিসেবে ধাতব হ্যালাইড বিশেষ করে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়।

$$C_6H_6 + RX \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5R + HX$$

ধাতব হ্যালাইড অনুঘটক হ্যালোজিনেশান বিক্রিয়ায় যেভাবে কাজ করে এখানেও

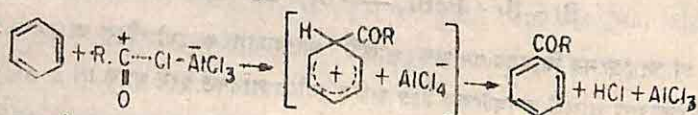
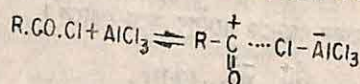
তাই করে। অর্থাৎ এটি ধনাত্মক আধান বিশিষ্ট প্রতিস্থাপক মূলক উৎপন্ন করে, যা কিনা এক্ষেত্রে কার্বোনিয়াম আয়ন হবে।

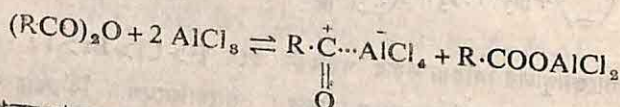
$$CH_3.CH_2-Cl+AlCl_3 \rightleftharpoons CH_3.\overset{+}{C}H_2\cdots Cl-\overset{-}{Al}Cl_3$$

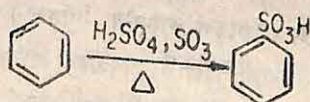
$$C_6H_6+CH_3.\overset{+}{C}H_2\cdots Cl-\overset{-}{Al}Cl_3 \rightarrow \left[\overset{+}{C_6H_6}(CH_2CH_3) + AlCl_4^- \right] \rightarrow C_6H_5CH_2CH_3+HCl+AlCl_3$$

অ্যালকাইলেটিং বিক্রিয়ক হিসেবে RX, ROH, $R \cdot CH=CH_2$ এবং অনুঘটক হিসেবে আম্লিক অনুঘটক H_3PO_4, HF, H_2SO_4, BF_3 ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

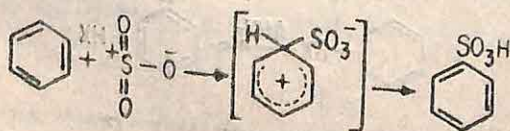
অ্যাসাইলেশান: অ্যালকাইলেশনের মত অ্যাসাইলেশান করা হয়।

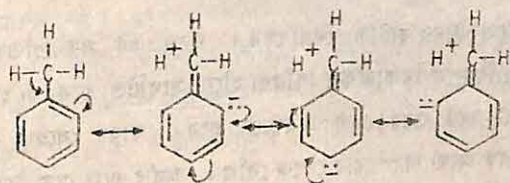
$$R.CO.Cl+AlCl_3 \rightleftharpoons R-\overset{+}{\underset{\underset{O}{\|}}{C}}\cdots Cl-\overset{-}{Al}Cl_3$$

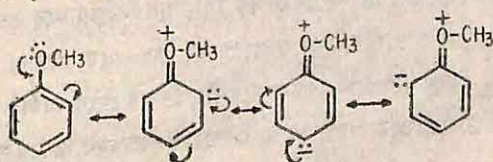
$$C_6H_6+R.\overset{+}{\underset{\underset{O}{\|}}{C}}\cdots Cl-\overset{-}{Al}Cl_3 \rightarrow \left[\overset{+}{C_6H_6}(COR) + AlCl_4^- \right] \rightarrow C_6H_5COR+HCl+AlCl_3$$

অ্যাসাইলেশানে অ্যাসাইল ক্লোরাইড বা অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড $(RCO)_2O$ ব্যবহার করা হয়।

$$(RCO)_2O+2\,AlCl_3 \rightleftharpoons R\cdot\overset{+}{\underset{\underset{O}{\|}}{C}}\cdots\overset{-}{Al}Cl_4+R\cdot COOAlCl_2$$

সালফোনেশান: বেনজিনকে ওলিয়াম (H_2SO_4, SO_3) দিয়ে উত্তপ্ত করলে বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

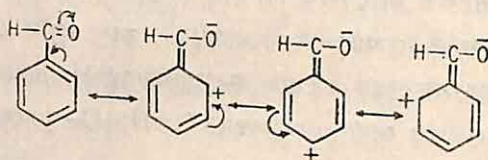
$$C_6H_6 \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4,\,SO_3} C_6H_5SO_3H$$

প্রশম সালফার ট্রাইঅক্সাইড প্রকৃতপক্ষে সালফোনেশান বিক্রিয়ায় অংশ নেয় কারণ এতে শক্তিশালী ইলেকট্রোফিলিক সালফার পরমাণু থাকে।

$$C_6H_6+\overset{+}{S}(=O)_2-\overset{-}{O} \rightarrow \left[\overset{+}{C_6H_6}(SO_3^-) \right] \rightarrow C_6H_5SO_3H$$

পূর্বেই উপস্থিত প্রতিস্থাপক মূলকের প্রভাব : বেনজিন অণুতে আগে থেকে উপস্থিত প্রতিস্থাপক মূলক পুনরায় ইলেকট্রোফিলিক বিকারকের সঙ্গে যৌগটির বিক্রিয়া করার সক্রিয়তাকে কেবলমাত্র নিয়ন্ত্রণ করে না, অধিকন্তু ঐ মূলকটি বৃত্তের (বেনজিনের) কোন জায়গায় ঢুকবে তাও নির্দেশিত করবে।

প্রতিস্থাপকের আবেশীয় ক্রিয়ার প্রভাব (Inductive effect) **:** অ্যালকাইল মূলকগুলি ইলেকট্রন দান করতে পারে। ফলে এগুলি বেনজিনের বৃত্তে ইলেকট্রন পাওয়ার সম্ভাবনাকে হাইপার কনজুগেশানের (Hyperconjugation) দ্বারা বৃদ্ধি করে। এতে অর্থো-প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়।

হ্যালোজেন, OH, OR, NH_2, SO_3H ইত্যাদির মূলকের আবেশীয় ক্রিয়া ঠিক এর উল্টো হবে কারণ বেনজিন বৃত্তের সঙ্গে যুক্ত মৌলটি কার্বনের থেকে অধিকতর ঋণাত্মক মৌল।

সংস্পন্দন ক্রিয়ার প্রভাব : প্রতিস্থাপক মূলকের যে মৌলটি বৃত্তের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত থাকে তাতে এক বা একাধিক অব্যবহৃত ইলেকট্রন জোড় থাকতে পারে। যারা বৃত্তের পরিব্যাপ্ত π ইলেকট্রনের সঙ্গে অধিক্রমণ করে অর্থো-প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি করতে পারে। যেমন

এখন এই অবস্থায় কোন একটি ইলেকট্রোফিলিক বিকারক বেনজিন বৃত্তের যেখানে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বেশি আছে অর্থাৎ অর্থো-প্যারা অবস্থানে আক্রমণ বা বিক্রিয়া করবে। এখন হ্যালোজেন, OH, NH_2, SH ইত্যাদি মূলক থাকলে তার জন্য ইলেকট্রোফিলিক বিকারক বৃত্তকে একইভাবে অর্থো-প্যারা অবস্থানকে আক্রমণ করবে।

এখন এমন মূলক যদি বৃত্তে থাকে যার প্রভাবে বৃত্ত থেকে ইলেকট্রন দূর হয়ে যেতে

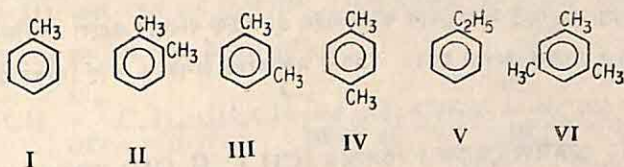
পারে, তবে ঐ মূলকগুলির যে পরমাণুটি বৃত্তের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত তার সঙ্গে অপর মৌল যদি একাধিক যোজক দ্বারা যুক্ত থাকে এবং দ্বিতীয় মৌলটি অধিকতর ঋণাত্মক হয়, তবে এমনটি ঘটতে পারে। অর্থাৎ ঐ মৌলটি বৃত্তের সঙ্গে সংযুগ্মী হবে এবং বৃত্তের পরিব্যাপ্ত π ইলেকট্রন অধিক্রমণ করে ঐ মূলকে চলে আসবে। যেমন,

এতে বৃত্তে ইলেকট্রনের ঘাটতি দেখা দেয়। ফলে এই সব প্রতিস্থাপক যৌগের ক্ষেত্রে ইলেকট্রোফিলিক বিকারকের বিক্রিয়া ধীরে সংঘটিত হবে বা হবে না। আর যদি বিক্রিয়াটি ঘটে তবে মেটা অবস্থানে হবে। কারণ যেহেতু মেটা অবস্থানে ইলেকট্রনের ঘনত্ব অর্থো বা প্যারার থেকে বেশি। অর্থাৎ এতে বৃত্তে ইলেকট্রন পাওয়ার সম্ভাবনা কম বলে ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়াটি মন্দীভূত হবে।

এই একইভাবে COR, COOH, SO_3H, CN, NO_2 ইত্যাদি মূলকগুলি মেটা নির্দেশক মূলক হবে।

আবেশীয় এবং সংস্পন্দন ক্রিয়ার সম্মিলিত প্রভাব : আবেশীয় ক্রিয়া এবং সংস্পন্দন ক্রিয়া একে অন্যকে জোরদার করতে পারে। যেমন NO_2 মূলকের এক্ষেত্রে এই রকমটি ঘটে। অর্থাৎ নাইট্রোমূলক থাকলে আবেশীয় ও সংস্পন্দন ক্রিয়ার প্রভাব একই দিকে ঘটে এবং এতে বৃত্ত থেকে ইলেকট্রন দূর হয়ে যায়। ফলে NO_2 মূলক বৃত্তে থাকলে যৌগটি ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়ায় নিষ্ক্রিয় করে তোলে। পক্ষান্তরে NH_2 মূলক থাকলে আবেশীয় ক্রিয়া ও সংস্পন্দন ক্রিয়া একে অন্যের বিপরীত দিকে সংঘটিত হয়। কিন্তু সংস্পন্দন ক্রিয়া আবেশীয় ক্রিয়ার থেকে অধিক কার্যকর বলে ; NH_2 মূলকের উপস্থিতিতে অর্থো-প্যারা অবস্থানে সংস্পন্দন ক্রিয়ার ফলে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি পাবে এবং ইলেট্রোফিলিক বিক্রিয়ায় বৃত্তটিকে অধিকতর সক্রিয় করে তুলবে।

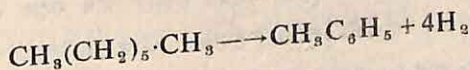
বেনজিনের অ্যালকাইল জাতকসমূহ (Alkyl benzenes)

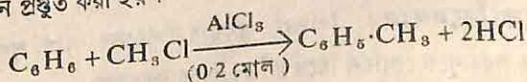
বেনজিনের সবচেয়ে প্রয়োজনীয় অ্যালকাইল জাতকগুলি হলো মিথাইল বেনজিন বা টলুইন I, ডাইমিথাইল বেনজিনগুলি বা জাইলিনগুলি II-IV, মেসিটিলিন VI, ইথাইল বেনজিন V ইত্যাদি।

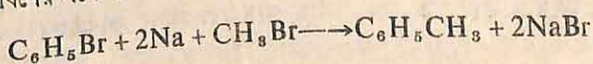
I II III IV V VI

নামকরণ ঃ এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণে অ্যালকাইল মূলকের নাম এবং একটি অ্যালকাইল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে আর একটির অবস্থান বলেই নামকরণ হয়ে যায়। এক প্রতিস্থাপিত অ্যালকাইল জাতকের ক্ষেত্রে অ্যালকাইল মূলকের অবস্থান সূচীত করার প্রয়োজন নেই। যেমন মিথাইল বেনজিন। ডাই-মিথাইল বেনজিনকে জাইলিন বলে। 1 : 2 ডাই-মিথাইল বেনজিনকে অর্থো জাইলিন II বলে। সেই রকম 1 : 3 এবং 1 : 4 ডাই-মিথাইল বেনজিনদের যথাক্রমে মেটা জাইলিন III এবং প্যারা জাইলিন IV বলে। 1 : 3 : 5 ট্রাইমিথাইল বেনজিনকে মেসিটিলিন VI বলে।

টলুইন বা মিথাইল বেনজিন $C_6H_5.CH_3$ ঃ বেনজিনের পরবর্তী সমগণ হলো টলুইন যা কিনা আলকাতরা থেকে প্রাপ্ত লঘু তেলে পাওয়া যায়। লঘু তেল থেকে বেনজিন প্রস্তুতকালে টলুইনও প্রস্তুত করা হয়। এছাড়া পেট্রোলিয়াম থেকেও টলুইন পাওয়া যায়। আর সংশ্লেষণ করে টলুইন প্রস্তুত করা যায়।

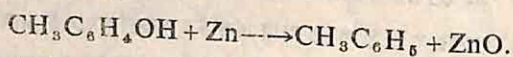
পেট্রোলিয়াম থেকে ঃ পেট্রোলিয়াম থেকে প্রাপ্ত n-হেপ্টেনকে 500°C-এ অনুঘটক ক্রোমিয়াম অক্সাইড ও অ্যালুমিনা মিশ্রণের উপর প্রবাহিত করলে টলুইন পাওয়া যায়।

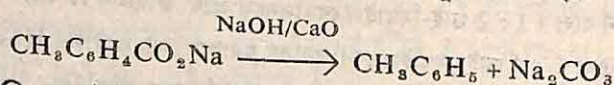
$$CH_3(CH_2)_5 \cdot CH_3 \longrightarrow CH_3C_6H_5 + 4H_2$$

সংশ্লেষণ (i) ফ্রিডেল ক্রাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়া দ্বারা ঃ 80°C-এ এবং অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে মিথাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় টলুইন প্রস্তুত করা হয়।

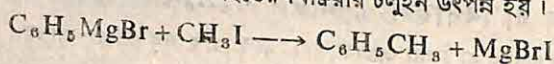
$$C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow[(0.2\ \text{মোল})]{AlCl_3} C_6H_5 \cdot CH_3 + 2HCl$$

(2) **উর্জ ফিটিগ বিক্রিয়া দ্বারা ঃ** মিথাইল ব্রোমাইড ও ব্রোমোবেনজিনের ইথার দ্রবণের সঙ্গে ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় টলুইন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5Br + 2Na + CH_3Br \longrightarrow C_6H_5CH_3 + 2NaBr$$

পার্শ্ব বিক্রিয়ার বাইফিনাইল ও ইথেন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় মিথাইল হ্যালাইডের পরিবর্তে অন্য কোন অ্যালকাইল হ্যালাইড ব্যবহার করলে বেনজিনের সেই অ্যালকাইল জাতক উৎপন্ন হবে। অবশ্য সর্বক্ষেত্রেই উপজাত পার্শ্ব বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

(3) **ক্রেসল থেকে ঃ** ক্রেসলকে ($CH_3C_6H_4OH$) দস্তঃরজ দিয়ে উত্তপ্ত করলে টলুইন উৎপন্ন হয়।

$$CH_3C_6H_4OH + Zn \longrightarrow CH_3C_6H_5 + ZnO.$$

(4) **টলুইক অ্যাসিড থেকে ঃ** টলুইক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে সোডালাইম দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডিকার্বক্সিলেশানের দ্বারা টলুইন উৎপন্ন হয়।

$$CH_3C_6H_4CO_2Na \xrightarrow{NaOH/CaO} CH_3C_6H_5 + Na_2CO_3$$

(5) **গ্রিগনার্ড বিকারক থেকে ঃ** ফিনাইল ম্যাগনেশিয়াম ব্রোমাইডের ইথার দ্রবণের সঙ্গে মিথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ার টলুইন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5MgBr + CH_3I \longrightarrow C_6H_5CH_3 + MgBrI$$

ধর্ম ঃ টলুইন বেনজিনের মত গন্ধ বিশিষ্ট বর্ণহীন, উদ্বায়ী এবং সচল তরল। স্ফুটনাঙ্ক 110°C এবং গলনাঙ্ক – 98°C। জলে অদ্রাব্য এবং জলের থেকে হাল্কা ইথার, কোহলে টলুইন দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ টলুইন হলো মিথাইল বেনজিন। অর্থাৎ বেনজিন বৃত্তের পার্শ্বশৃঙ্খলে একটি মিথাইল মূলক আছে। আর এর ফলে অ্যালিফ্যাটিক ও অ্যারোম্যাটিক যৌগের বৈশিষ্ট্য টলুইনে বর্তমান। এতে বেনজিন ও মিথেনের কিছু কিছু ধর্ম প্রকাশ পায়। আবার মিথাইল মূলক অর্থো-প্যারা নির্দেশক মূলক বলে ইলেকট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপক মূলক টলুইনে অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে স্থান নেবে।

1. **ক্লোরিনেশান ঃ** বিভিন্ন অবস্থায় টলুইনের পার্শ্ব শৃঙ্খলে বা বৃত্তের হাইড্রোজেন পরমাণুকে ক্লোরিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়।

উচ্চ তাপমাত্রায় ও আলোর উপস্থিতিতে এবং হ্যালোজেন কেরিয়ারের অনুপস্থিতিতে টলুইনের পার্শ্বশৃঙ্খলে অবস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণু একটি একটি করে ক্লোরিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে পর্যায় ক্রমে বেনজাইল ক্লোরাইড (I), বেনজাল

ক্লোরাইড (II) এবং বেনজোট্রাইক্লোরাইড (III) উৎপন্ন করে এবং প্রতিক্ষেত্রেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5\cdot CH_3 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{I}{C_6H_5\cdot CH_2Cl} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{II}{C_6H_5\cdot CHCl_2} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{III}{C_6H_5\cdot CCl_3}$$

কিন্তু শীতল অবস্থায় এবং হ্যালোজেন কেরিয়ারের উপস্থিতিতে এবং আলোর অনুপস্থিতিতে হ্যালোজেন বেনজিন বৃত্তের হাইড্রাজেনকে প্রতিস্থাপিত করে অর্থো ক্লোরোটলুইন (IV) এবং প্যারা ক্লোরোটলুইন (V) উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{Fe} \underset{IV}{o\text{-}CH_3C_6H_4Cl} + \underset{V}{p\text{-}CH_3C_6H_4Cl} + HCl$$

2. **জারণঃ** পার্শ্বশৃঙ্খলের জন্য টলুইনকে সহজেই জারিত করা যায়। শক্তিশালী জারক পদার্থ যেমন ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্ষারীয় পারম্যাঙ্গানেট ইত্যাদি টলুইনকে জারিত করে বেনজোয়িক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{[O]} C_6H_5COOH + H_2O$$

কিন্তু ক্রোমিল ক্লোরাইড (CrO_2Cl_2) দিয়ে জারণে টলুইন বেনজালডিহাইডে পরিণত হয়।

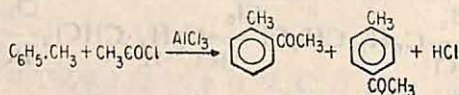
$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{[O]} C_6H_5CHO + H_2O$$

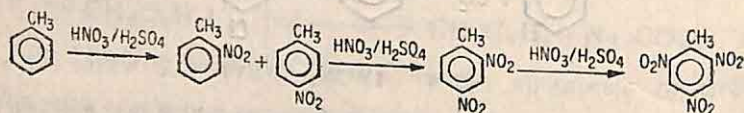
(3) **ফ্রিডেল ক্রাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়াঃ** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে মিথাইল ক্লোরাইড টলুইনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মেটা জাইলিন এবং বোরন ট্রাইফ্লোরাইডের উপস্থিতিতে টলুইনের সঙ্গে মিথানলের বিক্রিয়ায় প্যারা জাইলিন উৎপন্ন হয়।

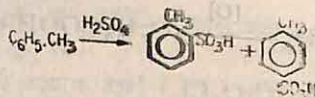
$$H_2O + p\text{-}C_6H_4(CH_3)_2 \xleftarrow[BF_3]{CH_3OH} C_6H_5CH_3 \xrightarrow[AlCl_3]{CH_3Cl} m\text{-}C_6H_4(CH_3)_2 + HCl$$

(4) **অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়াঃ** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম

ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে টলুইনের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অর্থো এবং প্যারা মিথাইল টলাইল কিটোন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5.CH_3 + CH_3COCl \xrightarrow{AlCl_3} \text{o-}CH_3C_6H_4COCH_3 + \text{p-}CH_3C_6H_4COCH_3 + HCl$$

(5) **নাইট্রেশান :** শীতল অবস্থায় নাইট্রিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণের সঙ্গে টলুইনের বিক্রিয়ায় সহজেই অর্থো এবং প্যারা নাইট্রোটলুইন উৎপন্ন করে। অতিরিক্ত নাইট্রিক সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ ব্যবহারে 2 : 4 ডাইনাইট্রো এবং শেষে 2 : 4 : 6 ট্রাইনাইট্রো টলুইন **T.N.T.** উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{HNO_3/H_2SO_4} \text{o-}CH_3C_6H_4NO_2 + \text{p-}CH_3C_6H_4NO_2 \xrightarrow{HNO_3/H_2SO_4} 2,4\text{-}CH_3C_6H_3(NO_2)_2 \xrightarrow{HNO_3/H_2SO_4} 2,4,6\text{-}CH_3C_6H_2(NO_2)_3$$

(6) **সালফোনেশান :** টলুইন উত্তপ্ত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অর্থো এবং প্যারা টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

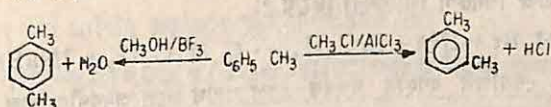
$$C_6H_5.CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4} \text{o-}CH_3C_6H_4SO_3H + \text{p-}CH_3C_6H_4SO_3H$$

ব্যবহার : দ্রাবক হিসেবে, কৃত্রিম পেট্রোল, **TNT**, স্যাকারিন, রঞ্জক পদার্থ, ওষুধ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে এবং ল্যাকারকে তরলিত করতে এবং গরম পোশাক ধোয়ার জন্য টলুইনকে ব্যবহার করা হয়।

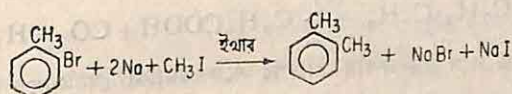
জাইলিন সমূহ $(C_6H_4(CH_3)_2$: অর্থো, মেটা, প্যারা এই তিন রকম জাইলিন হয়। আর সবগুলিই আলকাতরায় পাওয়া যায়। তাছাড়া এগুলি সংশ্লেষণের দ্বারা প্রস্তুত করা যায়।

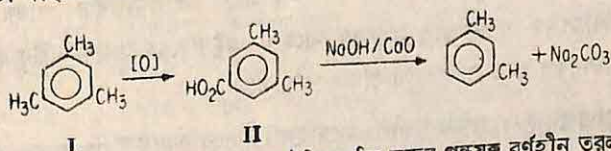
আলকাতরা থেকে জাইলিন প্রস্তুতি : আলকাতরা থেকে যে লঘু তেল পাওয়া যায় তাকে পাতনে যে 50% বেনজল পাওয়া যায় তাতে কিছু পরিমাণ বেনজিন, এবং বেশিরভাগটা টলুইন ও জাইলিন সমূহ থাকে। এই 50% বেনজলকে পুনরায় পাতন করলে 138-142°C-এ যে পাতিত বস্তু পাওয়া যায়, তা আসলে তিনটি জাইলিনের মিশ্রণ। এই জাইলিনগুলির স্ফুটনাঙ্ক এত কাছাকাছি যে আংশিক পাতনে

এদের পৃথক করা যায় না এবং লঘু তেল থেকে যে জাইলিন মিশ্রণ পাওয়া যায় তাকে সরাসরি ব্যবহার করা হয়। সংশ্লেষণ করে বিশুদ্ধ অর্থো, মেটা এবং প্যারা জাইলিন প্রস্তুত করা হয়।

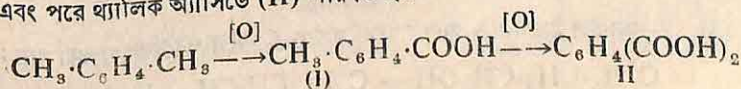
সংশ্লেষণ : 1. **ফ্রিডেল ক্রাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়া :** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে টলুইনের সঙ্গে মিথাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় প্রধানত মেটা জাইলিন এবং অল্প পরিমাণে প্যারা জাইলিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু অনুঘটক বোরন ট্রাই-ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে টলুইনের সঙ্গে মিথানলের বিক্রিয়ায় প্রধানত প্যারা জাইলিন পাওয়া যায়।

$$p\text{-}C_6H_4(CH_3)_2 + H_2O \xleftarrow{CH_3OH/BF_3} C_6H_5\,CH_3 \xrightarrow{CH_3Cl/AlCl_3} m\text{-}C_6H_4(CH_3)_2 + HCl$$

2. **উর্জ ফিটিগ বিক্রিয়া :** অর্থো ব্রোমোটলুইন ও মিথাইল আয়োডাইডের ইথার দ্রবণ ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অর্থো জাইলিন উৎপন্ন হয়।

$$o\text{-}CH_3C_6H_4Br + 2Na + CH_3I \xrightarrow{\text{ইথার}} o\text{-}C_6H_4(CH_3)_2 + NaBr + NaI$$

3. **মেসিটিলিন থেকে :** মেসিটিলিনকে (I) জারিত করলে মেসিটিলিনিক অ্যাসিড (II) পাওয়া যায়, যাকে সোডালাইম দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডিকার্বক্সিলেশানের দ্বারা মেটা জাইলিন উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{I}}{C_6H_3(CH_3)_3} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{II}}{HO_2C\cdot C_6H_3(CH_3)_2} \xrightarrow{NaOH/CaO} m\text{-}C_6H_4(CH_3)_2 + Na_2CO_3$$

ধর্ম : অর্থো, মেটা এবং প্যারা জাইলিনগুলি সুন্দর গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু কোহল এবং ইথারে দ্রবণীয়। স্ফুটনাঙ্ক অর্থো (142°C), মেটা (139°C) এবং প্যারার (138·5°C)।

রাসায়নিক ধর্ম : জাইলিনগুলির রাসায়নিক ধর্ম টলুইনের মত। জাইলিনের মিথাইল মূলককে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে প্রথমে টলুইক অ্যাসিড (I) এবং পরে থ্যালিক অ্যাসিডে (II) পরিণত হয়।

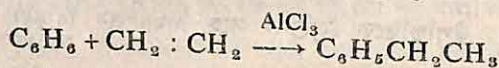
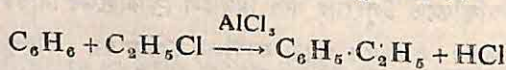
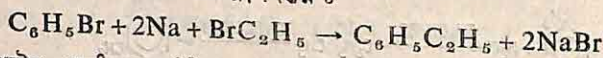
$$CH_3\cdot C_6H_4\cdot CH_3 \xrightarrow{[O]} \underset{(I)}{CH_3\cdot C_6H_4\cdot COOH} \xrightarrow{[O]} \underset{II}{C_6H_4(COOH)_2}$$

ইথাইল বেনজিন $C_6H_5 \cdot CH_2CH_3$: ইথাইল বেনজিন জাইলিনের সমাবয়ব যৌগ।

প্রস্তুতি : (1) অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে ইথাইল ক্লোরাইডের বা ইথিলিনের বিক্রিয়ায় ইথাইল বেনজিন প্রস্তুত করা হয়।

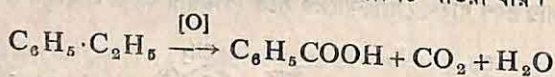
$$C_6H_6 + C_2H_5Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5 \cdot C_2H_5 + HCl$$

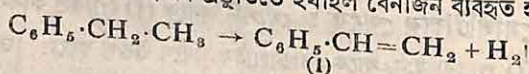
$$C_6H_6 + CH_2 : CH_2 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_2CH_3$$

(2) উর্জ ফিটিগ বিক্রিয়া দিয়ে :

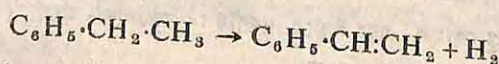
$$C_6H_5Br + 2Na + BrC_2H_5 \rightarrow C_6H_5C_2H_5 + 2NaBr$$

ইথাইল বেনজিন বর্ণহীন গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ জলে অদ্রবণীয় কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য।

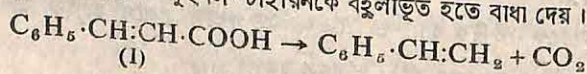
ইথাইল বেনজিনকে জারিত করলে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

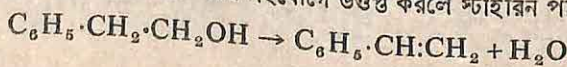
$$C_6H_5 \cdot C_2H_5 \xrightarrow{[O]} C_6H_5COOH + CO_2 + H_2O$$

অনুঘটকের সঙ্গে বা জলীয় বাষ্পের সঙ্গে ইথাইল বেনজিনকে উত্তপ্ত করলে স্টাইরিন (I) পাওয়া যায়। স্টাইরিন প্রস্তুতিতে ইথাইল বেনজিন ব্যবহৃত হয়।

$$C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot CH_3 \rightarrow \underset{(I)}{C_6H_5 \cdot CH = CH_2} + H_2$$

স্টাইরিন $C_6H_5 \cdot CH:CH_2$: স্টাইরিনকে আলকাতরায় পাওয়া যায়। এখানে বেনজিনের পার্শ্বশৃঙ্খলে অসম্পৃক্ত আছে। এই ধরনের অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনকে ফিনাইল প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন যৌগ বলে।

প্রস্তুতি : (1) জলীয় বাষ্পের সঙ্গে ইথাইল বেনজিনকে উত্তপ্ত করলে স্টাইরিন পাওয়া যায়।

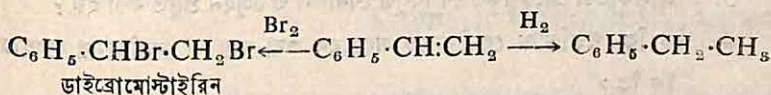
$$C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot CH_3 \rightarrow C_6H_5 \cdot CH:CH_2 + H_2$$

(2) সিনামিক অ্যাসিডকে (I) কুইনলের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে সবচেয়ে সহজে স্টাইরিন প্রস্তুত করা যায়। কুইনল স্টাইরিনকে বহুলীভূত হতে বাধা দেয়।

$$\underset{(I)}{C_6H_5 \cdot CH:CH \cdot COOH} \rightarrow C_6H_5 \cdot CH:CH_2 + CO_2$$

(3) 2-ফিনাইল ইথানলকে ক্ষার সহযোগে উত্তপ্ত করলে স্টাইরিন পাওয়া যায়।

$$C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH \rightarrow C_6H_5 \cdot CH:CH_2 + H_2O$$

স্টাইরিন বর্ণহীন তরল, জলে অত্যন্ত অল্প দ্রাব্য কিন্তু কোহল এবং ইথারে যে কোন পরিমাণে দ্রাব্য। স্ফুটনাঙ্ক 145°C।

স্টাইরিনের পার্শ্বশৃঙ্খলটিকে অসম্পৃক্ততা (কার্বন কার্বন দ্বিবন্ধ) আছে। তাই এটি ইথিলিন যৌগের মত যুতযৌগ এবং বহুলীভবন বিক্রিয়া দেখায়।

$$C_6H_5\cdot CHBr\cdot CH_2Br \xleftarrow{Br_2} C_6H_5\cdot CH{:}CH_2 \xrightarrow{H_2} C_6H_5\cdot CH_2\cdot CH_3$$

ডাইব্রোমোস্টাইরিন

সূর্যালোকে বা সোডিয়ামের উপস্থিতিতে স্টাইরিন খুব তাড়াতাড়ি বহুলীভূত হয়

$$nC_6H_5\cdot CH{:}CH_2 \rightarrow (C_8H_8)n$$

কৃত্রিম রাবার এবং প্লাস্টিক প্রস্তুতিতে স্টাইরিন ব্যবহৃত হয়।

অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বন ও প্যারাফিনের মধ্যে তুলনা

	অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বন	প্যারাফিন
1. দহন	দহনে কালো ধোঁয়া সৃষ্টি হয়।	অনুজ্জ্বল শিখায় জলে এবং জ্বলাকালে কালো ধোঁয়া সৃষ্টি হয় না।
2. ফ্রিডেল ক্রাফ্‌টস বিক্রিয়া	এই বিক্রিয়া দেখায়	এই বিক্রিয়া করে না।
3. ঘন HNO_3এর সঙ্গে বিক্রিয়া	H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে HNO_3 এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রো যৌগ উৎপন্ন করে।	তরল অবস্থায় বিক্রিয়া করে না।
4. ঘন H_2SO_4এর সঙ্গে বিক্রিয়া	বিক্রিয়ায় সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।	বিক্রিয়া করে না।
5. হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া	উপযুক্ত অবস্থায় হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপিত এবং যুতযৌগ উৎপন্ন করে।	কেবল মাত্র প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে।
6. ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়া	ওজোনাইড গঠন করে।	বিক্রিয়া করে না।
7. বিজারণ	অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিজারিত করা যায়।	বিজারিত করা যায় না।

প্রশ্নাবলী

1. অ্যারোম্যাটিক যৌগ কাদের বলা হয়? অ্যারোম্যাটিক যৌগের বৈশিষ্ট্য কি কি?

2. অ্যারোম্যাটিক যৌগদের প্রধান উৎস কি কি? আলকাতরার আংশিক পাতনে প্রাপ্ত অ্যারোম্যাটিক যৌগদের নাম লেখ? যৌগগুলির ব্যবহার লেখ?
3. আলকাতরা থেকে কিভাবে বিশুদ্ধ বেনজিন ও টলুইন প্রস্তুত করা হয়?
4. কি কি পদ্ধতিতে বেনজিনকে সংশ্লেষণ করা যায়? বেনজিনের ব্যবহার কি কি?
5. বেনজিনের গঠন সম্বন্ধে আলোচনা কর। বেনজিনের গঠনের আধুনিক ব্যাখ্যা কি?
6. যেসব তথ্যের উপর বেনজিনের গঠন প্রতিষ্ঠিত সেগুলিকে সংক্ষেপে আলোচনা কর। বেনজিনে গঠন সম্বন্ধে আধুনিক মতবাদ কি?
7. 'বেনজিনের ছয়টি হাইড্রোজেন সমতুল্য' প্রমাণ কর।
8. বেনজিন থেকে কি উপায়ে নিম্নলিখিত যৌগগুলি সংশ্লেষণ করা যায়? (i) টলুইন, (ii) নাইট্রোবেনজিন, (iii) ক্লোরোবেনজিন (iv) প্যারা জাইলিন, (v) স্টাইরিন, (vi) অ্যাসিটোফিনোন (vii) সাইক্লোহেক্সেন, (viii) বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড (ix) ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইড।
9. দিকস্থিতি কাকে বলে? দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনের দিকস্থিতি কি কি পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়? যে কোন একটি পদ্ধতি সবিস্তার ব্যাখ্যা কর।
10. অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপনের ইলেকট্রনীয় তত্ত্বটি সবিস্তারে ব্যাখ্যা কর?
11. আলকাতরা থেকে কিভাবে টলুইন প্রস্তুত করা হয়? টলুইনকে ক্লোরিনেশনে কি কি যৌগ উৎপন্ন করা যেতে পারে? প্রত্যেকটি বিক্রিয়া সমীকরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।
12. টলুইন থেকে কি ভাবে নিম্নলিখিত যৌগদের সংশ্লেষণ করা হয়:— (i) টি. এন. টি. (ii) মেটা জাইলিন, (iii) অ্যাসিট্যালডিহাইড (iv) বেনজাইল ক্লোরাইড, (v) বেনজোয়িক অ্যাসিড।
13. টীকা লেখ: (i) ফ্রিডেল ক্র্যাফ্টস বিক্রিয়া (ii) নাইট্রেশন (iii) অ্যারোম্যাটিসিটি (iv) পার্শ্বশৃঙ্খল প্রতিস্থাপন।
14. সংক্ষিপ্ত উত্তর দাও: (i) অ্যারোম্যাটিক যৌগদের প্রধান উৎস কি? (ii) অ্যারোম্যাটিক ও অ্যালিফ্যাটিক যৌগদের মধ্যে পার্থক্য কি কি? (iii) কোন বিক্রিয়া দিয়ে বোঝানো যায় যে বেনজিনের অসম্পৃক্ততা অলিফিনের অসম্পৃক্ততা থেকে আলাদা? (iv) সংস্পন্দন শক্তি কাকে বলে?

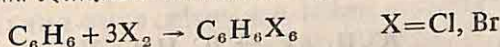
২৮

অ্যারোম্যাটিক হ্যালোজেন যৌগসমূহ
Aromatic Halogen Compounds

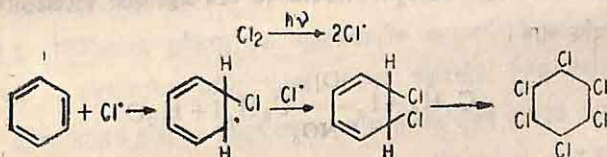
বেনজিন ও তার সমগণের সঙ্গে হ্যালোজেন দুধরনের যৌগ দেয়—যেমন (i) যুত-যৌগ (Addition compound), (ii) প্রতিস্থাপন যৌগ (Substituted compounds) ।

প্রতিস্থাপন যৌগ আবার দুধরনের হতে পারে—যেমন (a) বেনজিন নিউক্লিয়াসে সংযুক্ত হ্যালোজেন, (b) পার্শ্বশৃংখলে সংযুক্ত হ্যালোজেন ।

(i) **যুত যৌগ ঃ** সূর্যালোকের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় হেক্সাক্লোরো এবং হেক্সাব্রোমো যুত যৌগ উৎপন্ন করে

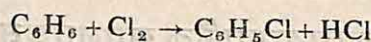
$$C_6H_6 + 3X_2 \rightarrow C_6H_6X_6 \qquad X = Cl, Br$$

সূর্যালোক হ্যালোজেনকে মুক্ত মূলকে পরিণত করে। এই মুক্ত মূলক ক্রমপর্যায়ে বেনজিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ।

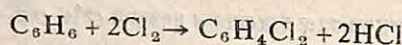
$$Cl_2 \xrightarrow{h\nu} 2Cl^{\cdot}$$

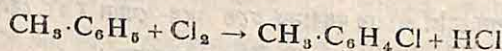
$$C_6H_6 + Cl^{\cdot} \rightarrow C_6H_6Cl^{\cdot} \xrightarrow{Cl^{\cdot}} C_6H_6Cl_2 \longrightarrow C_6H_6Cl_6$$

1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 হেক্সাক্লোরো সাইক্লোহেক্সেন বা বেনজিন হেক্সাক্লোরাইডের আট রকমের জ্যামিতিক সমাবয়ব হতে পারে, তার মধ্যে সাতটি জানা আছে। এদের মধ্যে γ সমাবয়বটি শক্তিশালী কীটনাশক পদার্থ যাকে গ্যামাক্সিন (Gammexane) বলে ।

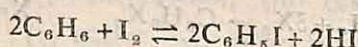
(ii) **নিউক্লিয়াস প্রতিস্থাপিত হ্যালোজেন যৌগ ঃ 1. হ্যালোজেনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়ায় ঃ** হ্যালোজেন ক্যারিয়ারের উপস্থিতিতে, আলোর অনুপস্থিতিতে এবং কম তাপমাত্রায় হ্যালোজেনের সঙ্গে অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের বিক্রিয়ায় হ্যালোজেন অ্যারোম্যাটিক বৃত্তের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে। আয়রন, আয়োডিন, ফেরিক ক্লোরাইড, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি হ্যালোজেন ক্যারিয়ার হিসেবে ব্যবহৃত হয় ।

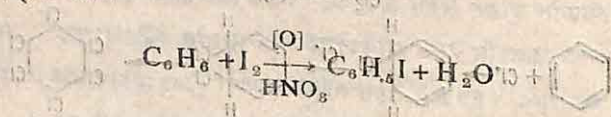
সাধারণ তাপমাত্রায় এবং লোহা চূর্ণের উপস্থিতিতে, 1 : 1 মোল অনুপাতে ক্লোরিনের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়ায় ক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

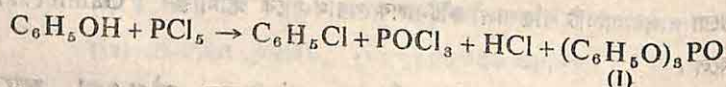
$$C_6H_6 + Cl_2 \rightarrow C_6H_5Cl + HCl$$

অধিক পরিমাণে ক্লোরিন ব্যবহারে অর্থো ও প্যারা ডাইক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6 + 2Cl_2 \rightarrow C_6H_4Cl_2 + 2HCl$$

ঐ একইভাবে ক্লোরিনের সঙ্গে টলুইনের বিক্রিয়ায় অর্থো এবং প্যারা ক্লোরোটলুইন উৎপন্ন হয়।

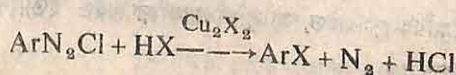
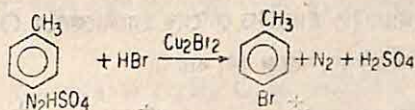
$$CH_3 \cdot C_6H_5 + Cl_2 \rightarrow CH_3 \cdot C_6H_4Cl + HCl$$

আয়োডিনের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং সাম্যাবস্থায় আয়োডোবেনজিনের পরিমাণ অত্যন্ত কম হয় বলে এই ভাবে আয়োডো বেনজিন প্রস্তুত করা হয় না।

$$2C_6H_6 + I_2 \rightleftharpoons 2C_6H_5I + 2HI$$

এই বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করলে নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রো আয়োডিক অ্যাসিডকে জারিত করে পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়াটি বন্ধ করে এবং ফলে আয়োডোবেনজিনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

$$C_6H_6 + I_2 \xrightarrow[HNO_3]{[O]} C_6H_5I + H_2O$$

2. **ফিনল থেকে :** ফিনলের সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস প্রতিস্থাপিত হ্যালোজেন যৌগ পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ায় অধিক পরিমাণে ট্রাইফিনাইল ফসফেট যৌগ (I) উৎপন্ন হয়।

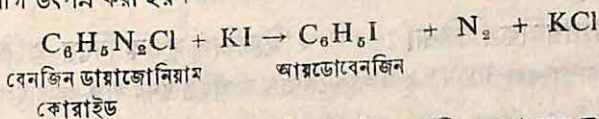
$$C_6H_5OH + PCl_5 \rightarrow C_6H_5Cl + POCl_3 + HCl + \underset{(I)}{(C_6H_5O)_3PO}$$

3. **ডায়াজোনিয়াম লবণ থেকে :** হ্যালোজিনিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে কিউপ্রাস হ্যালাইডের সঙ্গে ডায়াজোনিয়াম লবণের বিক্রিয়ায় সহজেই নিউক্লিয়াস প্রতিস্থাপিত হ্যালোজেন যৌগ উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে স্যাণ্ডমেয়ার (Sandmeyer) বিক্রিয়া বলে।

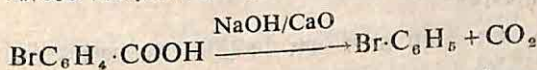
$$ArN_2Cl + HX \xrightarrow{Cu_2X_2} ArX + N_2 + HCl \qquad Ar = \text{অ্যারাইল}, \; X = Cl, Br$$

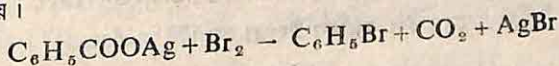
$$p\text{-}CH_3C_6H_4N_2HSO_4 + HBr \xrightarrow{Cu_2Br_2} p\text{-}CH_3C_6H_4Br + N_2 + H_2SO_4$$

p-টুলুইন ডায়াজোনিয়াম সালফেট p-ব্রোমোটলুইন

ডায়াজোনিয়াম লবণের সঙ্গে পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় আয়োডো যৌগ উৎপন্ন করা হয়।

$$C_6H_5N_2Cl + KI \rightarrow C_6H_5I + N_2 + KCl$$

বেনজিন ডায়াজোনিয়াম কোরাইড আয়ডোবেনজিন

4. হ্যালোজিনিক কার্বক্সিল যৌগের ডিকার্বক্সিলেশানের দ্বারা : এই পদ্ধতিতে নিউক্লিয়াস প্রতিস্থাপিত হ্যালোজেন যৌগ উৎপন্ন করা যায়।

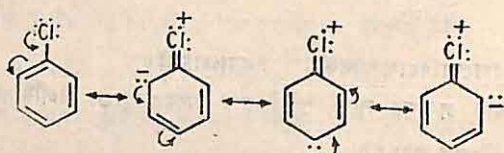
$$BrC_6H_4 \cdot COOH \xrightarrow{NaOH/CaO} Br \cdot C_6H_5 + CO_2$$

5. অ্যারোম্যাটিক কার্বক্সিল অ্যাসিডের সিলভার লবণ থেকে : এই অ্যাসিডের সিলভার লবণকে ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক ব্রোমো যৌগ উৎপন্ন হয়।

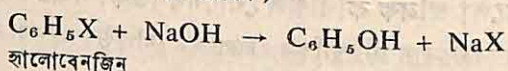
$$C_6H_5COOAg + Br_2 \rightarrow C_6H_5Br + CO_2 + AgBr$$

সিলভার বেনজোয়েট

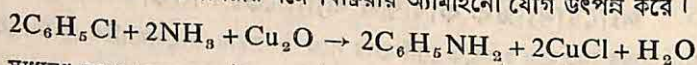
ধর্ম : নিউক্লিয়ার প্রতিস্থাপিত অ্যারোম্যাটিক হ্যালোজেন যৌগগুলি বর্ণহীন তেলের মত বা কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু কোহল ইথার ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। হ্যালোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধিতে অ্যারোম্যাটিক হ্যালাইড যৌগের (অ্যারাইল হ্যালাইড) স্ফুটনাঙ্ক এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব বৃদ্ধি পায়।

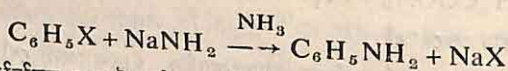
	C_6H_5Cl	C_6H_5Br	C_6H_5I
স্ফুটনাঙ্ক °C	132	156·2	188·5
আপেক্ষিক গুরুত্ব	1·106	1·495	1·824

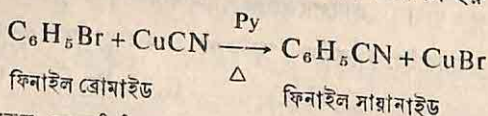
হ্যালোজেনগুলি তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ায় হ্যালোবেনজিনগু[illegible] দ্বিধ্রুব আঘূর্ণ (Dipole movement) থাকে, কিন্তু অ্যালকাইল হ্যালাইডের থেকে দ্বিধ্রুব আঘূর্ণনের পরিমাণ কম হয়। কারণ হ্যালোজেনগুলির নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন জোড় বেনজিনের π ইলেকট্রনের সঙ্গে অধিক্রমণের ফলে C-X যোজকটি বেশ শক্তিশালী হয়। ফলে অ্যালকাইল হ্যালাইডের C-X যোজকটি থেকে অ্যারাইল হ্যালাইডের C-X যোজকটি ভাঙ্গা অনেক শক্ত। অর্থাৎ অ্যালকাইল হ্যালাইডের থেকে অ্যারাইল হ্যালাইড অধিক

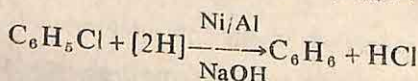
স্থায়ী যৌগ। তাই অ্যারাইল হ্যালাইড যৌগের হ্যালোজেনকে OH, NH_2, CN ইত্যাদি মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত সহজে করা যায় না।

রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ (1) হাইড্রক্সিল মুলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত ঃ অধিক চাপে এবং 300°C-এ কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণের সঙ্গে অ্যারাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়া ফিনল উৎপন্ন হয়। (আর্দ্রবিশ্লেষণ)

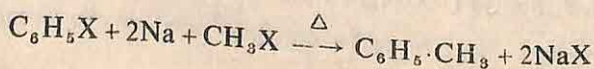
$$\underset{\text{হ্যালোবেনজিন}}{C_6H_5X} + NaOH \rightarrow C_6H_5OH + NaX$$

(2) 200°C-এ এবং অধিক চাপে এবং কিউপ্রাস অক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যারাইল ক্লোরাইড অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামাইনো যৌগ উৎপন্ন করে।

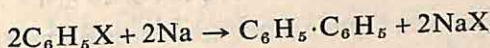
$$2C_6H_5Cl + 2NH_3 + Cu_2O \rightarrow 2C_6H_5NH_2 + 2CuCl + H_2O$$

সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যারাইল হ্যালাইডের সঙ্গে সোডামাইড ($NaNH_2$) ও তরল অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অ্যারাইল অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5X + NaNH_2 \xrightarrow{NH_3} C_6H_5NH_2 + NaX$$

(3) পিরিডিন বা কুইনোলিনের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থান অ্যারাইল ব্রোমাইড কিউপ্রাস সায়ানাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যারাইল অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{ফিনাইল ব্রোমাইড}}{C_6H_5Br} + CuCN \xrightarrow[\triangle]{Py} \underset{\text{ফিনাইল সায়ানাইড}}{C_6H_5CN} + CuBr$$

(4) নিকেল অ্যালুমিনিয়াম সঙ্কর ধাতুর এবং কস্টিক ক্ষারের উপস্থিতিতে অ্যারাইল হ্যালাইড বিজারিত হয়ে অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয়।

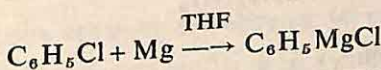
$$C_6H_5Cl + [2H] \xrightarrow[NaOH]{Ni/Al} C_6H_6 + HCl$$

(5) **উর্জ ফিটিগ বিক্রিয়া ঃ** উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালকাইল হ্যালাইড এবং অ্যারাইল হ্যালাইডের ইথার দ্রবণের সঙ্গে ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের অ্যালকাইল জাতক উৎপন্ন হয়।

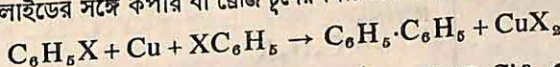
$$C_6H_5X + 2Na + CH_3X \xrightarrow{\triangle} C_6H_5 \cdot CH_3 + 2NaX$$

হ্যালোবেনজিনের ইথার দ্রবণে সোডিয়াম যোগে উত্তপ্ত করলে বাইফিনাইল পাওয়া যায়

$$2C_6H_5X + 2Na \rightarrow C_6H_5 \cdot C_6H_5 + 2NaX$$

(6) অ্যারাইল ব্রোমাইড এবং আয়োডাইডের ইথার দ্রবণের সঙ্গে ম্যাগনেশিয়ামের বিক্রিয়ায় অ্যারাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড (গ্রিগনার্ড বিকারক) উৎপন্ন হয়।

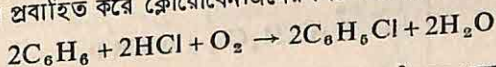
$$C_6H_5X + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} C_6H_5MgX \qquad X = Br, I$$

ইথারের পরিবর্তে টেট্রাহাইড্রোফিউরান (THF) ব্যবহার করলে অ্যারাইল ক্লোরাইড ম্যাগনেশিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যারাইল ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

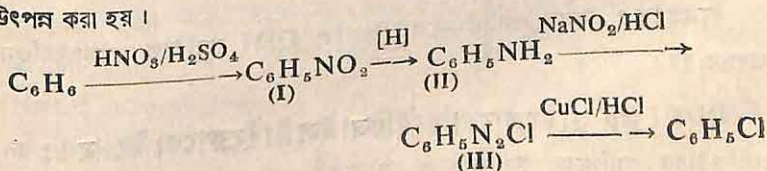
$$C_6H_5Cl + Mg \xrightarrow{THF} C_6H_5MgCl$$

(7) **উলমান বিক্রিয়া** (Ullmann reaction)ঃ অধিক তাপমাত্রায় অ্যারাইল হ্যালাইডের সঙ্গে কপার বা ব্রোঞ্জ চূর্ণের বিক্রিয়ায় বাই ফিনাইল উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5X + Cu + XC_6H_5 \rightarrow C_6H_5 \cdot C_6H_5 + CuX_2$$

ক্লোরোবেনজিন বা ফিনাইল ক্লোরাইড, C_6H_5Clঃ প্রস্তুতি ঃ

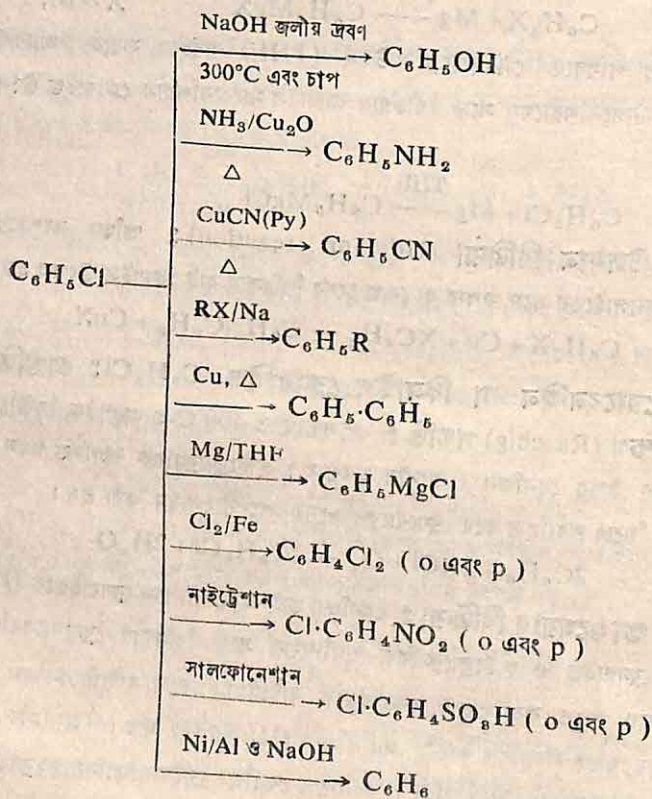
1. **রাশিগ (Raschig) পদ্ধতি** ঃ এইপদ্ধতিতে 400°C-এ অনুঘটক কিউপ্রিক ক্লোরাইডের উপর বেনজিন (গ্যাসীয় অবস্থায়) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ও অক্সিজেন মিশ্রণ প্রবাহিত করে ক্লোরোবেনজিনের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$2C_6H_6 + 2HCl + O_2 \rightarrow 2C_6H_5Cl + 2H_2O$$

2. **স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়া** ঃ বেনজিন ডাই-অ্যাজোনিয়াম ক্লোরাইডকে (III) কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরোবেনজিন রসায়নাগারে প্রস্তুত করা হয়। বেনজিনকে নাইট্রেশান করলে নাইট্রোবেনজিন (I) পাওয়া যায়, যাকে বিজারিত করলে অ্যানিলিন (II) পাওয়া যায়। অ্যানিলিনকে ডায়াজোডাইজেশন ($NaNO_2/HCl$) বিক্রিয়ায় বেনজিন ডাইঅ্যাজোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করা হয়।

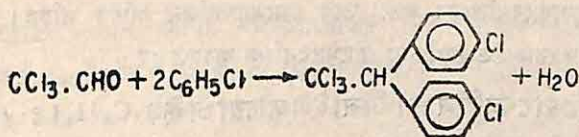
$$C_6H_6 \xrightarrow{HNO_3/H_2SO_4} \underset{(I)}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow{[H]} \underset{(II)}{C_6H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl}$$

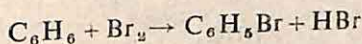
$$\underset{(III)}{C_6H_5N_2Cl} \xrightarrow{CuCl/HCl} C_6H_5Cl$$

অন্যান্য পদ্ধতিতেও ক্লোরোবেনজিন প্রস্তুত করা যায়।

ধর্ম ঃ ক্লোরোবেনজিন বর্ণহীন, গন্ধযুক্ত তেলের মত তরল। জলের থেকে ভারী (আঃ গুঃ 1·106) এবং জলে অদ্রবণীয়। কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। অ্যারাইল হ্যালাইডের আদর্শ নমুনা হলো ক্লোরোবেনজিন এবং অ্যারাইল হ্যালাইডের সকল সাধারণ ধর্ম ক্লোরোবেনজিনে দেখা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

ব্যবহার ঃ ফিনল, অ্যানিলিন, বাইফিনাইল, DDT প্রস্তুতিতে ক্লোরোবেনজিন ব্যবহৃত হয়।

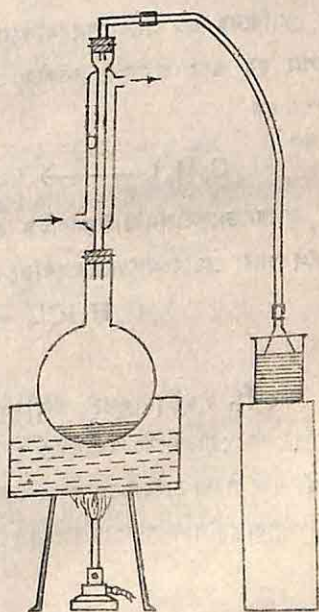
DDT (p:p′ ডাইক্লোরো ডাইফিনাইল ট্রাইক্লোরো ইথেন) ঃ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ক্লোরালের সঙ্গে ক্লোরোবেনজিনের বিক্রিয়ায় DDT উৎপন্ন হয়।

$$CCl_3.CHO + 2C_6H_5Cl \rightarrow CCl_3.CH(C_6H_4Cl)_2 + H_2O$$

ব্রোমোবেনজিন বা ফিনাইল ব্রোমাইড, C_6H_5Br **:** 1. হ্যালোজেন কেরিয়ারের উপস্থিতিতে ব্রোমিনের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়ায় ব্রোমোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6 + Br_2 \rightarrow C_6H_5Br + HBr$$

গোলতল ফ্লাস্কে বেনজিন ও ব্রোমিন নেওয়া হয়। এই মিশ্রণে কয়েক ফোঁটা পিরিডিন যোগ করে ফ্লাস্কের সঙ্গে শীতক যুক্ত করা হয়। শীতকের মাথার সঙ্গে একটি রাবার টিউব যুক্ত থাকে এবং টিউবের শেষে একটি ফানেল যুক্ত থাকে এবং ফানেলটি জলপূর্ণ বিকারের উপর অল্প ডোবান থাকে। ফ্লাস্কটি জলগাহের উপর বসানো থাকে এবং 25°-30°C-এ উত্তপ্ত করলে বেনজিনের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় (পিরিডিনের উপস্থিতিতে) ব্রোমোবেনজিন ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়। বিক্রিয়াটি মন্দীভূত হয়ে এলে ফ্লাস্কটিকে 70°C-এ উত্তপ্ত করে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা যায়।

চিত্র 49

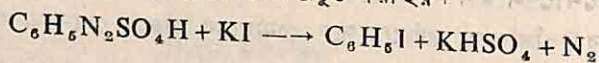
ফ্লাস্কে অবস্থিত তরলকে বিচ্ছেদক ফানেলে নিয়ে কস্টিক সোডা দ্রবণ ও পরে জল দিয়ে ধুয়ে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে একসঙ্গে রাখা হয়। $CaCl_2$ জলকে শোষণ করে। পরে ব্রোমোবেনজিনকে আংশিক পাতন করে বিশুদ্ধ করা হয়। অন্যান্য সাধারণ পদ্ধতি দিয়েও ব্রোমোবেনজিন প্রস্তুত করা যায়।

ব্রোমোবেনজিন গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·495 এবং স্ফুটনাঙ্ক 156·2°C। ব্রোমোবেনজিনের রাসায়নিক

বিক্রিয়া ক্লোরোবেনজিনের মত, তবে ব্রোমোবেনজিন অধিক সক্রিয়। ফিনাইল ম্যাগনেশিয়াম ব্রোমাইড প্রস্তুতিতে ব্রোমোবেনজিন ব্যবহৃত হয়।

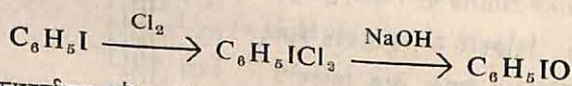
আয়াডোবেনজিন বা ফিনাইলআয়োডাইড C_6H_5I : (স্ফুটনাঙ্ক 188·5°C) ফিনাইল ডাইঅ্যাজোনিয়াম সালফেটের সঙ্গে পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় আয়োডোবেনজিন প্রস্তুত করা হয়।

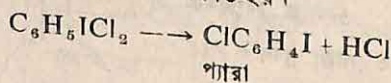
$$C_6H_5N_2SO_4H + KI \longrightarrow C_6H_5I + KHSO_4 + N_2$$

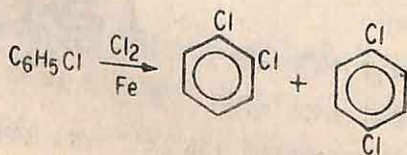
এছাড়া

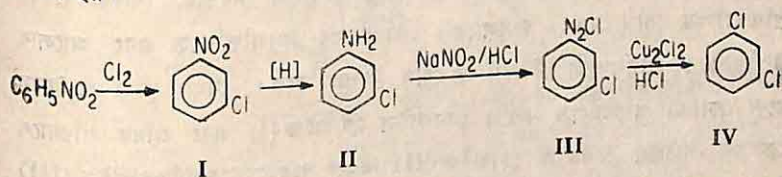
$$C_6H_6 + I_2 \xrightarrow{HNO_3} C_6H_5I + H_2O$$

আয়োডোবেনজিন গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন তরল। জলের থেকে ভারী (আঃ গুঃ 1·824) এবং জলে অদ্রাব্য। কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। আয়োডোবেনজিন ক্লোরো এবং ব্রোমোবেনজিনের থেকে অনেক সক্রিয় এবং অ্যারাইল হ্যালাইডের সকল সাধারণ ধর্ম আয়োডোবেনজিনে দেখতে পাওয়া যায়।

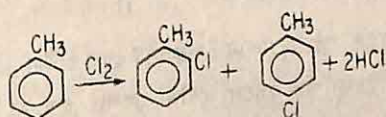
ক্লোরিনের সঙ্গে আয়োডোবেনজিনের বিক্রিয়ায় আয়োডোবেনজিন ডাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং যা কিনা কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোসোবেনজিন উৎপন্ন হয়

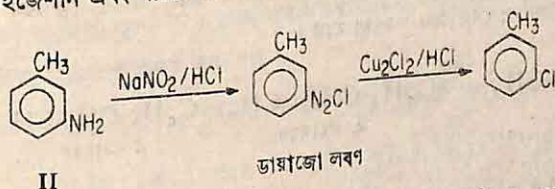
$$C_6H_5I \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5ICl_2 \xrightarrow{NaOH} C_6H_5IO$$

আয়োডোবেনজিন ডাইক্লোরাইড হলুদবর্ণের কেলাসাকার পদার্থ, যাকে উত্তপ্ত করলে প্যারা ক্লোরোআয়োডোবেনজিনে পরিণত হয়।

$$C_6H_5ICl_2 \longrightarrow \underset{\text{প্যারা}}{ClC_6H_4I} + HCl$$

অর্থো, মেটা এবং প্যারা ডাইক্লোরোবেনজিন, $C_6H_4Cl_2$: হ্যালোজেন কেরিয়ারের উপস্থিতিতে ক্লোরোবেনজিনকে পুনরায় ক্লোরিনেশান করলে অর্থো এবং প্যারা ডাইক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন হয়। কীটনাশক পদার্থ হিসেবে অর্থো এবং প্যারা যৌগকে ব্যবহার করা হয়।

$$C_6H_5Cl \xrightarrow[Fe]{Cl_2} o\text{-}C_6H_4Cl_2 + p\text{-}C_6H_4Cl_2$$

মেটা ডাইক্লোরোবেনজিন যৌগটি নাইট্রোবেনজিন থেকে প্রস্তুত করা হয়। নাইট্রোবেনজিনকে ক্লোরিনেশান করলে m ক্লোরোনাইট্রোবেনজিন (I) পাওয়া যায় যাকে বিজারিত করলে m ক্লোরো অ্যানিলিন (II) পাওয়া যায়। II যৌগকে, ডায়াজোডাইজেশান এবং স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়া করলে m ডাইক্লোরোবেনজিন IV উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{I}}{m\text{-}ClC_6H_4NO_2} \xrightarrow{[H]} \underset{\text{II}}{m\text{-}ClC_6H_4NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} \underset{\text{III}}{m\text{-}ClC_6H_4N_2Cl} \xrightarrow[HCl]{Cu_2Cl_2} \underset{\text{IV}}{m\text{-}C_6H_4Cl_2}$$

অর্থো, মেটা এবং প্যারা ক্লোরোটলুইন $CH_3C_6H_4Cl$: হ্যালোজেন কেরিয়ারের উপস্থিতিতে টলুইনকে ক্লোরিনেশান করলে অর্থো এবং প্যারা ক্লোরো-টলুইন পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{Cl_2} o\text{-}CH_3C_6H_4Cl + p\text{-}CH_3C_6H_4Cl + 2HCl$$

মেটা ক্লোরোটলুইনকে মেটা টলুইডিন II থেকে প্রস্তুত করা হয়। II-কে ডায়াজোডাইজেশান এবং স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়া করলে মেটা ক্লোরোটলুইন উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{II}}{m\text{-}CH_3C_6H_4NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} \underset{\text{ডায়াজো লবণ}}{m\text{-}CH_3C_6H_4N_2Cl} \xrightarrow{Cu_2Cl_2/HCl} m\text{-}CH_3C_6H_4Cl$$

ক্লোরোটলুইনগুলি বর্ণহীন ভারী তরল। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহল, ইথারে দ্রাব্য। স্ফুটনাঙ্ক অর্থো (159·2°C), মেটা (161·6°C), প্যারা (162·4°C)। ক্লোরোটলুইনগুলির রাসায়নিক ধর্ম অ্যারাইল হ্যালাইডের মত, তবে অধিকতর সক্রিয়। কারণ মিথাইল মূলকটি বেনজিন বলয়ে আছে।

ক্ষারীয় পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে সহজে ক্লোরোটলুইনকে জারিত করে ক্লোরো-বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3C_6H_4Cl \xrightarrow{KMnO_4/NaOH} HOOCC_6H_4Cl$$

ক্লোরোটলুইনগুলি টলুইনের পার্শ্বশৃঙ্খলে এক প্রতিস্থাপিত ক্লোরো যৌগের সঙ্গে সমাবয়ব যৌগ। পার্শ্বশৃঙ্খলে প্রতিস্থাপিত ক্লোরো যৌগগুলি প্যারাফিনের হ্যালোজেন জাতকের ন্যায় আচরণ করে এবং এই যৌগগুলি অধিকতর সক্রিয়।

পার্শ্বশৃঙ্খলে হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত যৌগসমূহ : পার্শ্বশৃঙ্খল বিশিষ্ট অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনগুলি ক্লোরিনের সঙ্গে বিভিন্ন অবস্থায়, বিভিন্ন প্রকার প্রতিস্থাপিত যৌগ দেয়। হ্যালোজেন কেরিয়ারের অনুপস্থিতিতে এবং আলোর উপস্থিতিতে পার্শ্বশৃঙ্খলে প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন ফুটন্ত টলুইনের মধ্যে ক্লোরিন পরিচালিত করলে বেনজাইল ক্লোরাইড (I) এবং অধিক পরিমাণে ক্লোরিন পাঠালে বেনজাল ক্লোরাইড (II) এবং পরে বেনজোট্রাইক্লোরাইড (III) উৎপন্ন হয়।

$$\underset{}{C_6H_5{\cdot}CH_3} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{I}{C_6H_5{\cdot}CH_2Cl} \xrightarrow[-HCl]{Cl} \underset{II}{C_6H_5{\cdot}CHCl_2} \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} \underset{III}{C_6H_5CCl_3}$$

পার্শ্বশৃঙ্খলটি দীর্ঘ হলে ক্লোরিনেশান বিক্রিয়াটি বেশ জটিল এবং এই সবক্ষেত্রে আংশিক এবং সম্পূর্ণ প্রতিস্থাপিত হ্যালো যৌগ উৎপন্ন হয়, যা কিনা হ্যালোজেনের পরিমাণ এবং বিক্রিয়ার অবস্থার উপর নির্ভরশীল।

আলোর উপস্থিতিতে ফুটন্ত ইথাইল বেনজিনকে ক্লোরিনেশান করলে প্রথমে α এবং β ক্লোরো ইথাইল বেনজিনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় এবং অধিক ক্লোরিন ব্যবহারে পেন্টাক্লোরো ইথাইল বেনজিন পাওয়া যায়।

$$C_6H_5{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3 \xrightarrow{Cl_2} \underset{\alpha\ \text{সমাবয়ব}}{C_6H_5{\cdot}CHCl{\cdot}CH_3} + \underset{\beta\ \text{সমাবয়ব}}{C_6H_5{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2Cl} \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5{\cdot}CCl_2{\cdot}CCl_3$$

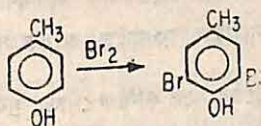
আলোর উপস্থিতিতে সাধারণ তাপমাত্রায় ইথাইল বেনজিনকে ক্লোরিনেশান করলে α ক্লোরো এবং $\alpha : \alpha$ ডাইক্লোরো ইথাইল বেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3 \xrightarrow{Cl_2} \underset{\alpha\ \text{ক্লোরো যৌগ}}{C_6H_5{\cdot}CHCl{\cdot}CH_3} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\alpha:\alpha\ \text{ডাইক্লোরো যৌগ}}{C_6H_5CCl_2{\cdot}CH_3}$$

একাধিক পার্শ্বশৃঙ্খল থাকলে উভয় শৃঙ্খলে ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত হতে পারে।

$$\underset{\text{জাইলিন}}{CH_3{\cdot}C_6H_4{\cdot}CH_3} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{মিথাইল বেনজাইল ক্লোরাইড}}{CH_3C_6H_4CH_2Cl} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{জাইলিলিন ক্লোরাইড}}{ClCH_2C_6H_4CH_2Cl}$$

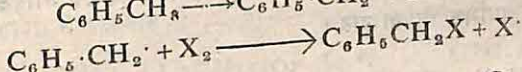
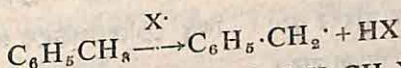
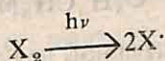
বেনজিন চক্রে যদি পার্শ্বশৃঙ্খল ছাড়াও অন্য কোন সক্রিয় মূলক বর্তমান থাকে সেক্ষেত্রে পার্শ্বশৃঙ্খলে হ্যালোজেন প্রতিস্থাপন খুবই শক্ত হয় এবং কোন কোন ক্ষেত্রে অসম্ভব হয়।

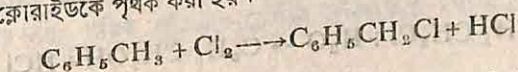
$$\text{p-}CH_3C_6H_4OH \xrightarrow{Br_2} 3,5\text{-}Br_2\text{-}4\text{-}HO\text{-}C_6H_2CH_3$$

প্যারা ক্রেসল   3:5 ডাই ব্রোমো 4 হাইড্রক্সি টলুইন

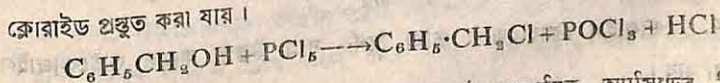
প্যারাফিন হাইড্রোকার্বনের হ্যালোজিনেশান বিক্রিয়া যেমন মুক্ত মূলকের দ্বারা সংঘটিত হয়, অ্যারোম্যাটিক যৌগের পার্শ্বশৃঙ্খলে হ্যালোজিনেশান বিক্রিয়াও তেমন মুক্ত মূলকের সাহায্যে সংঘটিত হয়

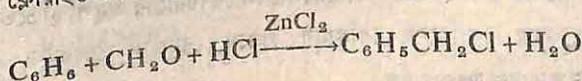
$$X_2 \xrightarrow{h\nu} 2X^\cdot$$

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{X^\cdot} C_6H_5\cdot CH_2^\cdot + HX$$

$$C_6H_5\cdot CH_2^\cdot + X_2 \longrightarrow C_6H_5CH_2X + X^\cdot$$

বেনজাইল ক্লোরাইড, $C_6H_5CH_2Cl$: প্রস্তুতি : আলোর উপস্থিতিতে ফুটন্ত টলুইনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস যতক্ষণ না পর্যন্ত বেনজাইল ক্লোরাইডের অনুযায়ী ওজন বৃদ্ধি হচ্ছে ততক্ষণ প্রবাহিত করা হয়। পরে পাতন করে বেনজাইল ক্লোরাইডকে পৃথক করা হয়।

$$C_6H_5CH_3 + Cl_2 \longrightarrow C_6H_5CH_2Cl + HCl$$

(2) বেনজাইল কোহলের সঙ্গে ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় বেনজাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$C_6H_5CH_2OH + PCl_5 \longrightarrow C_6H_5\cdot CH_2Cl + POCl_3 + HCl$$

(3) বেনজিন, ফরম্যালডিহাইড ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণে (প্রভাবক) অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড বা ফসফোরিক অ্যাসিড দিয়ে রিফ্লাক্স করলে বেনজাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটিকে ক্লোরোমেথিলেশান বিক্রিয়া বলে।

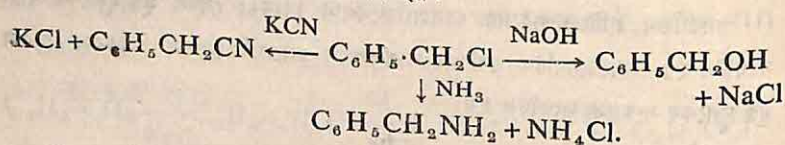
$$C_6H_6 + CH_2O + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} C_6H_5CH_2Cl + H_2O$$

বেনজাইল ক্লোরাইড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 170°C। জলে

অদ্রাব্য, কিন্তু কোহল, ইথারে দ্রাব্য। বেনজাইল ক্লোরাইডের বাষ্প চোখে লাগলে চোখ জ্বালা করে। বেনজাইল ক্লোরাইড ক্লোরোটলুইন যৌগের সঙ্গে সমাবয়বী।

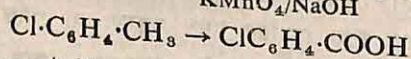
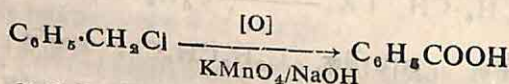
রাসায়নিক ধর্ম ঃ ক্লোরিন পরমাণু বেনজাইল ক্লোরাইডের পার্শ্বশৃঙ্খলে বর্তমান থাকে বলে এটি অ্যালকাইল হ্যালাইডের মত আচরণ করে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্লোরোটলুইনের থেকে বেনজাইল ক্লোরাইড অধিক সক্রিয়।

1. বেনজাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে কস্টিক সোডা দ্রবণ, পটাশিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণ এবং অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে বেনজাইল কোহল ; বেনজাইল সায়ানাইড এবং বেনজাইল অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

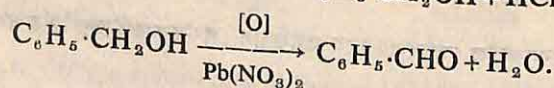
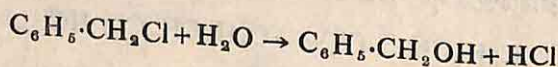
$$KCl + C_6H_5CH_2CN \xleftarrow{KCN} C_6H_5{\cdot}CH_2Cl \xrightarrow{NaOH} C_6H_5CH_2OH + NaCl$$

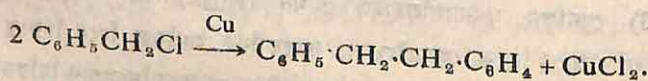
$$C_6H_5{\cdot}CH_2Cl \xrightarrow{NH_3} C_6H_5CH_2NH_2 + NH_4Cl.$$

2. ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বেনজাইল ক্লোরাইডকে জারিত করে বেনজোয়িক অ্যাসিডে পরিণত করে। কিন্তু ক্লোরোটলুইনকে জারিত করলে ক্লোরো বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5{\cdot}CH_2Cl \xrightarrow[KMnO_4/NaOH]{[O]} C_6H_5COOH$$

$$Cl{\cdot}C_6H_4{\cdot}CH_3 \rightarrow ClC_6H_4{\cdot}COOH$$

3. লেডনাইট্রেট দ্রবণ দিয়ে বেনজাইল ক্লোরাইডকে জারিত করলে বেনজ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5{\cdot}CH_2Cl + H_2O \rightarrow C_6H_5{\cdot}CH_2OH + HCl$$

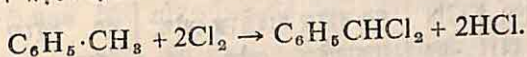
$$C_6H_5{\cdot}CH_2OH \xrightarrow[Pb(NO_3)_2]{[O]} C_6H_5{\cdot}CHO + H_2O.$$

4. বেনজাইল ক্লোরাইডকে তামা চূর্ণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ডাইবেনজাইল পাওয়া যায়।

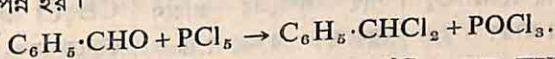
$$2\,C_6H_5CH_2Cl \xrightarrow{Cu} C_6H_5{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}C_6H_4 + CuCl_2.$$

5. আলোর উপস্থিতিতে এবং হ্যালোজেন কেরিয়ারের অনুপস্থিতিতে বেনজাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় প্রথমে বেনজাল ক্লোরাইড এবং পরে বেনজোট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CH_2Cl \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5CHCl_2 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5CCl_3.$$

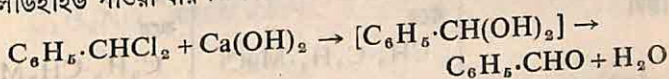
বেনজাল ক্লোরাইড বা বেনজিলিডিন ক্লোরাইড $C_6H_5CHCl_2$:

প্রস্তুতি : 1. আলোর উপস্থিতিতে টলুইনের (এক মোল) মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস (2 মোল) পাঠালে বেনজাল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ায় বেনজাল ক্লোরাইড অনুযায়ী ওজন বাড়লে ক্লোরিন গ্যাস পাঠানো বন্ধ করা হয়।

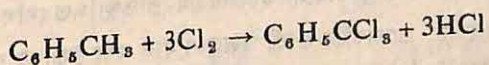
$$C_6H_5 \cdot CH_3 + 2Cl_2 \rightarrow C_6H_5CHCl_2 + 2HCl.$$

3. বেনজালডিহাইডের সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় বেনজাল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5 \cdot CHO + PCl_5 \rightarrow C_6H_5 \cdot CHCl_2 + POCl_3.$$

বেনজাল ক্লোরাইড বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 206°C। জলে অদ্রাব্য। এর বাষ্প চোখে লাগলে চোখ জ্বলে এবং জল বার হয়।

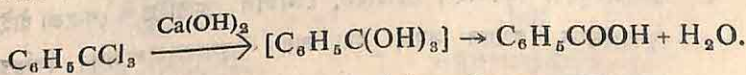
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দিয়ে বেনজাল ক্লোরাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে বেনজালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5 \cdot CHCl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow [C_6H_5 \cdot CH(OH)_2] \rightarrow C_6H_5 \cdot CHO + H_2O$$

বেনজালডিহাইড প্রস্তুতিতে বেনজাল ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়।

বেনজোট্রাইক্লোরাইড, $C_6H_5CCl_3$: আলোর উপস্থিতিতে ফুটন্ত ক্লোরিনের মধ্যে অধিক পরিমাণে ক্লোরিন পরিচালিত করলে বেনজোট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CH_3 + 3Cl_2 \rightarrow C_6H_5CCl_3 + 3HCl$$

বেনজোট্রাইক্লোরাইড বর্ণহীন তরল, স্ফুটনাঙ্ক 213°C। জলে অদ্রাব্য। এর বাষ্প চোখে লাগলে চোখ জ্বলে এবং জল বার হয়। অর্থাৎ ল্যাক্রাইমেটরী (Lachrymatory) যৌগ।

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দিয়ে বেনজোট্রাইক্লোরাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CCl_3 \xrightarrow{Ca(OH)_2} [C_6H_5C(OH)_3] \rightarrow C_6H_5COOH + H_2O.$$

বেনজোয়িক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে বেনজোট্রাইক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

ক্লোরোটলুইন এবং বেনজাইল ক্লোরাইডের মধ্যে তুলনা

	ক্লোরো টলুইন	বেনজাইল ক্লোরাইড
1. ভৌত ধর্ম	বর্ণহীন, মিষ্টি গন্ধ যুক্ত ভারী তরল, জলে অদ্রাব্য।	বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত তরল। জলে অদ্রাব্য। ল্যাক্রাইমেটরী পদার্থ
2. ক্ষারীয় দ্রবণ, KCN দ্রবণ এবং NH_3-এর সঙ্গে বিক্রিয়া	খুব সহজে হাইড্রক্সি যৌগ, সায়ানাইড যৌগ এবং অ্যামাইনো যৌগ দেয় না।	খুব সহজে বেনজাইল কোহল, সায়ানাইড এবং অ্যামিন যৌগ দেয়।
3. ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণ দিয়ে জারণ	পার্শ্ব শৃঙ্খলের জারণে ক্লোরো বেনজোয়িক অ্যাসিড দেয়।	CH_2Cl মূলকে জারণে বেনজোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।
4. জায়মান H-এর সঙ্গে বিক্রিয়া	টলুইন উৎপন্ন হয়	টলুইন উৎপন্ন হয়
5. Mg/ইথারের সঙ্গে বিক্রিয়া	গ্রিগনার্ড বিকারক উৎপন্ন করে $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot MgCl$	গ্রিগনার্ড বিকারক উৎপন্ন করে $C_6H_5 \cdot CH_2MgCl$.
6. কিউপ্রিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে	কোন বিক্রিয়া হয় না	জারণে বেনজালডিহাইডে পরিণত করে।

প্রশ্নাবলী

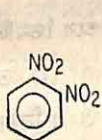
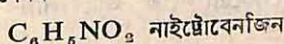
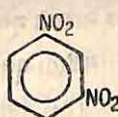
1. অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত যৌগ কত ধরনের হতে পারে? প্রত্যেকটির একটি উদাহরণ দাও এবং প্রস্তুতির শর্ত কি লেখ।
2. নিম্নলিখিত যৌগদের সঙ্গে ক্লোরিন কি শর্তে বিক্রিয়া করে কি যৌগ উৎপন্ন করবে তা সমীকরণ সহ ব্যাখ্যা কর—(i) C_6H_6 (ii) টলুইন।
3. নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে সংশ্লেষণ করবে (i) আয়োডোবেনজিন (ii) মেটা ক্লোরোবেনজিন (iii) সায়ানোবেনজিন (iv) D.D.T. (v) B.H.C. (vi) প্যারা ব্রোমোটলুইন।
4. ক্লোরোটলুইন, বেনজাইল ক্লোরাইড, বেনজাল ক্লোরাইড ও বেনজো ট্রাই-ক্লোরাইডকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়? ক্লোরোমেথিলেশন বিক্রিয়া কাকে বলে?

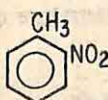
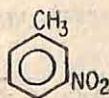
২৯

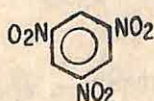
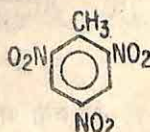
অ্যারোম্যাটিক নাইট্রো যৌগসমূহ
Aromatic Nitro Compounds

অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের চক্রের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন যখন সমসংখ্যক নাইট্রো মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় তখন সেই যৌগদের অ্যারোম্যাটিক নাইট্রো যৌগ বলে। নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহারে অ্যারোম্যাটিক চক্রে নাইট্রো মূলকের প্রতিস্থাপনকে সাধারণত নাইট্রেশান বলে। অ্যারোম্যাটিক চক্রের পার্শ্ব-শৃঙ্খলে নাইট্রোমূলক প্রতিস্থাপিত হলে, তাদের অ্যারোম্যাটিক নাইট্রো যৌগ বলে না। এবং এই যৌগগুলি অ্যালিফ্যাটিক নাইট্রো যৌগের মত আচরণ করে।

নামকরণঃ এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণে নাইট্রো মূলকের সংখ্যা ও অবস্থান বলার পর মূল অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের নাম করলেই নাম করা শেষ হয়। যেমন

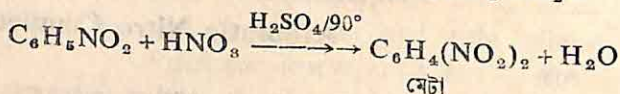
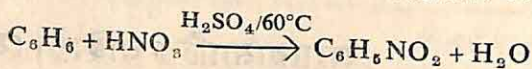
$C_6H_5NO_2$ নাইট্রোবেনজিন

অর্থো ডাইনাইট্রোবেনজিন বা 1 : 2 ডাইনাইট্রোবেনজিন

মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিন বা 1 : 3 ডাইনাইট্রোবেনজিন

প্যারা ডাইনাইট্রোবেনজিন বা 1 : 4 ডাইনাইট্রোবেনজিন

অর্থো নাইট্রোটলুইন

মেটা নাইট্রোটলুইন

প্যারা নাইট্রোটলুইন

1 : 3 : 5 ট্রাইনাইট্রোবেনজিন

2 : 4 : 6 ট্রাইনাইট্রোটলুইন (TNT)

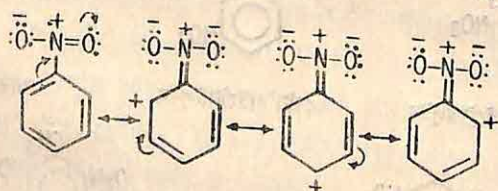
প্রস্তুতি ঃ (1) ঘন নাইট্রিক ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণের সঙ্গে অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক নাইট্রো যৌগ উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4/60°C} C_6H_5NO_2 + H_2O$$

$$C_6H_5NO_2 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4/90°} \underset{\text{মেটা}}{C_6H_4(NO_2)_2} + H_2O$$

কম তাপমাত্রায় টলুইনকে নাইট্রেশান করলে অর্থো ও প্যারা নাইট্রো টলুইন পাওয়া যায়। নাইট্রো টলুইনগুলিকে পুনরায় নাইট্রেশান করলে 2 : 4 : 6 ট্রাই নাইট্রোটলুইন বা TNT উৎপন্ন হয়।

ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ, ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড, লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড, অ্যাসিটাইল নাইট্রেট ও বেনজয়েল নাইট্রেট, নাইট্রোনিয়াম পারক্লোরেট, নাইট্রোনিয়াম ফ্লুয়োবোরেট ইত্যাদি যৌগ নাইট্রেশান বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন রকম অ্যারোম্যাটিক যৌগের ক্ষেত্রে এক এক রকম নাইট্রেশান বিকারক ব্যবহৃত হয়।

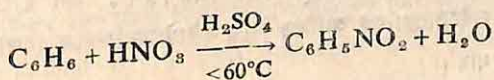
নাইট্রেশান বিক্রিয়ার ক্রিয়াবিধি ইলেকট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় আলোচিত হয়েছে।

বেনজিন চক্রে এক বা একাধিক নাইট্রো মূলক যুক্ত করা যায়—তবে তিনটির বেশি যুক্ত করা যায় না। বেনজিন চক্রে নাইট্রো মূলক যুক্ত হবার সংখ্যা (i) তাপমাত্রা, (ii) বিক্রিয়কের ঘনত্ব এবং প্রকৃতি (iii) বিক্রিয়ার সময় এর উপর নির্ভর করে। এছাড়া নাইট্রো মূলক বেনজিন চক্রের π ইলেকট্রনকে সংস্পন্দনের সাহায্যে অপসারিত করতে পারে। ফলে নাইট্রো মূলকের উপস্থিতিতে বেনজিন চক্রটি ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় করে তোলে এবং একান্ত যদি ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া অ্যারোম্যাটিক নাইট্রো যৌগের ক্ষেত্রে সংঘটিত হয় তবে তা মেটা অবস্থানে ঘটবে। এই জন্য নাইট্রো মূলককে মেটা নির্দেশক মূলক বলে। কারণ নাইট্রো মূলকের উপস্থিতিতে মেটা অবস্থানের ইলেকট্রনের ঘনত্ব অর্থো এবং প্যারা

অবস্থানের থেকে বেশি, ফলে ইলেক্‌ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় আগত মূলকটি মেটা অবস্থানকে আক্রমণ করবে।

60°C-এর তলায় বেনজিনকে ঘন নাইট্রিক ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে নাইট্রেশান করলে নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু ঐ একই নাইট্রেশান বিকারক অধিক পরিমাণে ব্যবহারে 100°C-এর তলায় মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিন পাওয়া যায়। কিন্তু অধিক তাপমাত্রায় এবং অধিক পরিমাণে ঘন HNO_3/ঘন H_2SO_4 মিশ্রণের প্রভাবে অনেকক্ষণ ধরে উত্তপ্ত করলে 1 : 3 : 5 ট্রাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

ধর্ম ঃ বেশিরভাগ নাইট্রো যৌগগুলি হলুদ বর্ণের কেলাসাকার কঠিন, কেবল নাইট্রোবেনজিন ইত্যাদি কয়েকটি নাইট্রো যৌগ হলুদ বর্ণের তরল পদার্থ। নাইট্রো যৌগগুলি জলে অদ্রাব্য এবং জলের থেকে ভারী (আপেক্ষিক গুরুত্ব বেশি)। কিন্তু জৈব দ্রাবকে নাইট্রো যৌগগুলি দ্রাব্য। বেশিরভাগ নাইট্রো যৌগগুলি বাষ্প দ্বারা পাতিত হয়। কয়েকটি মনো নাইট্রো যৌগ ব্যতীত বেশিরভাগ নাইট্রো যৌগকে বায়ুমণ্ডলীয় চাপে পাতনে বিস্ফোরণ ঘটে। নাইট্রো মূলকের বেনজিন চক্রের উপস্থিতিতে যৌগটিকে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নিষ্ক্রিয় করে তোলে।

নাইট্রোবেনজিন, $C_6H_5NO_2$ ঃ বেনজিনের উপর শীতল ঘন নাইট্রিক ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের (2 : 3) মিশ্রণের বিক্রিয়ায় নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

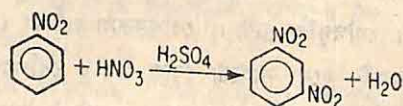
$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow[<60^\circ C]{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O$$

একটি গোলতল ফ্লাস্কে ঘন নাইট্রিক ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ 2 : 3 অনুপাতে নিয়ে মিশ্রণটিকে শীতল করা হয়। ঐ শীতল মিশ্রণে অল্প অল্প করে বেনজিন যোগ করা হয়। প্রতিবার ভালোভাবে মিশ্রণটি ঝাঁকানো হয় এবং তাপমাত্রা 60°C-এর নিচে রাখা হয়। (তা' না হলে মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হবে।) বেনজিন যোগ শেষ হয়ে গেলে মিশ্রণটিকে জলগাহের উপর 50°-55°C-এ একঘণ্টা উত্তপ্ত করে বিক্রিয়াটিকে সম্পূর্ণ করা হয়।

এরপর মিশ্রণ পদার্থটিকে (তরল) বিচ্ছেদক ফানেলে নেওয়া হয়। এতে অতিরিক্ত অ্যাসিড মিশ্রণটির স্তরের উপর নাইট্রোবেনজিনটি (তরল) ভাসবে। অ্যাসিড মিশ্রণটিকে বার করে দিয়ে নাইট্রোবেনজিনকে জল, সোডিয়াম কার্বনেট

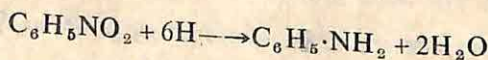
দ্রবণ ও জল দিয়ে পর পর ধুয়ে নেওয়া হয়। এই নাইট্রোবেনজিনের সঙ্গে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করে রাখলে জল দূরীভূত হয়। পরে ঐ নাইট্রো-বেনজিনকে পাতিত করে বিশুদ্ধ করা হয়।

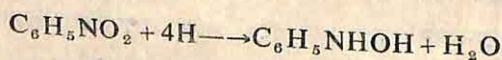
নাইট্রোবেনজিন হলুদ রঙের তরল পদার্থ এবং বেনজালডিহাইডের ন্যায় গন্ধযুক্ত। জলের থেকে ভারী এবং জলে অদ্রাব্য। কিন্তু কোহল, বেনজিনে দ্রাব্য। এটিকে বাষ্প দ্বারা পাতন করা যায়। স্ফুটনাঙ্ক 211°C। নাইট্রোবেনজিনকে Oil of mirbane বলে।

রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ নাইট্রোবেনজিনের রাসায়নিক সক্রিয়তা বেনজিনের থেকে কম। নাইট্রোবেনজিনের উপর সাধারণত জারক দ্রব্য, অ্যাসিড ও ক্ষারের কোন ক্রিয়া নেই। তবুও উপযুক্ত পরিবেশে নাইট্রোবেনজিন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দেখায়। যেমন,

$$C_6H_5NO_2 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_4(NO_2)_2 + H_2O$$

নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করলে একাধিক বিজারিত যৌগ পাওয়া যায়; যা কিনা বিশেষভাবে বিক্রিয়ার pH মাত্রার উপর নির্ভরশীল। এছাড়া বিজারকের প্রকৃতির উপরও এটি নির্ভর করে।

(i) **অ্যাসিড মাধ্যমে ধাতু দ্বারা বিজারণ ঃ** টিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা জিংক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করলে অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

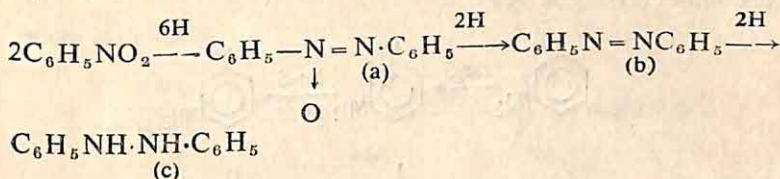
$$C_6H_5NO_2 + 6H \longrightarrow C_6H_5 \cdot NH_2 + 2H_2O$$

(ii) **প্রশম দ্রবণ মাধ্যমে বিজারণ ঃ** নাইট্রোবেনজিনকে জিংক চূর্ণ ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিন পাওয়া যায়।

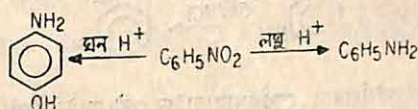
$$C_6H_5NO_2 + 4H \longrightarrow C_6H_5NHOH + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম বাইসালফাইডের কোহলীয় দ্রবণও নাইট্রোবেনজিনকে হাইড্রক্সি-ল্যামিনে পরিণত করে।

(iii) **ক্ষারীয় দ্রবণ মাধ্যমে বিজারণ ঃ** জিংক চূর্ণ ও কস্টিক সোডা

দ্রবণ দিয়ে নাইট্রোবেনজিনকে উত্তপ্ত করলে অ্যাজোক্সিবেনজিন, (a) অ্যাজোবেনজিন, (b) ও হাইড্রাজোবেনজিন (c) উৎপন্ন হয়

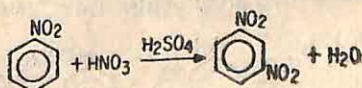
$$2C_6H_5NO_2 \xrightarrow{6H} \underset{\underset{O}{\downarrow}}{C_6H_5-N}=\underset{(a)}{N\cdot C_6H_5} \xrightarrow{2H} \underset{(b)}{C_6H_5N=NC_6H_5} \xrightarrow{2H}$$

$$\underset{(c)}{C_6H_5NH\cdot NH\cdot C_6H_5}$$

(iv) **ইলেক্ট্রোলিটিক বিজারণ ঃ** লঘু অ্যাসিড মাধ্যমে ইলেকট্রোলিটিক বিজারণে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়, কিন্তু ঘন অ্যাসিড মাধ্যমে প্যারা হাইড্রক্সি অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

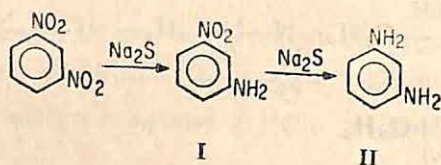
$$p\text{-}HO\cdot C_6H_4\cdot NH_2 \xleftarrow{\text{ঘন } H^+} C_6H_5NO_2 \xrightarrow{\text{লঘু } H^+} C_6H_5NH_2$$

নাইট্রোবেনজিন ফ্রিডেল ক্রাফট্স বিক্রিয়ায় অংশ নেয় না।

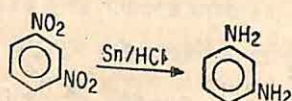
ব্যবহার ঃ অ্যানিলিন ও অ্যাজো রঞ্জন বস্তু প্রস্তুতিতে, ফ্রিডেল ক্রাফ্ট্স বিক্রিয়ায় দ্রাবক হিসেবে, কুইনোলিন সংশ্লেষণে জারক দ্রব্য হিসেবে, জুতোর কালি প্রস্তুতিতে এবং সস্তা দামের সাবানের গন্ধদ্রব্য হিসেবে সাধারণত নাইট্রোবেনজিন ব্যবহৃত হয়।

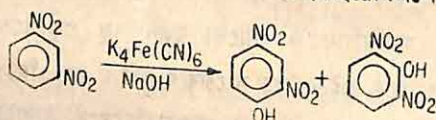
ডাইনাইট্রোবেনজিন সমূহ, $C_6H_4(NO_2)_2$ ঃ 60°C-এর উপরে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণের সঙ্গে নাইট্রোবেনজিনের বিক্রিয়ায় প্রধানত মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। অ্যাসিড মিশ্রণ ও নাইট্রোবেনজিন মিশ্রণকে জলগাহের উপর প্রায় আধ ঘণ্টা উত্তপ্ত করে মিশ্রণটিকে ঠাণ্ডা জলের মধ্যে ঢালা হয়। এতে মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিন কঠিনাকার লাভ করে। পরে পরিস্রাবণ ও জল দিয়ে ধুয়ে অ্যাসিড মুক্ত করে শোধিত কোহল থেকে কেলাসিত করলে বিশুদ্ধ মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিনের কেলাস পাওয়া যায়।

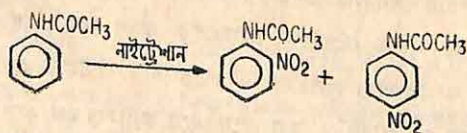
$$C_6H_5NO_2 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} m\text{-}C_6H_4(NO_2)_2 + H_2O$$

মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিন হাল্কা হলুদ বর্ণের কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 90°C। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহলে দ্রাব্য।

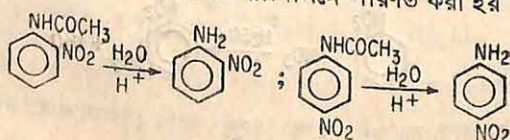
সোডিয়াম সালফাইড বা অ্যামোনিয়াম সালফাইড দিয়ে বিজারণে মেটা নাইট্রো-বেনজিন দুধাপে বিজারিত হয়ে যথাক্রমে মেটা নাইট্রোঅ্যানিলিন (I) ও মেটা ফেনিলিন ডাই অ্যামিন (II) উৎপন্ন করে।

$$C_6H_4(NO_2)_2 \xrightarrow{Na_2S} C_6H_4(NO_2)(NH_2)\ (I) \xrightarrow{Na_2S} C_6H_4(NH_2)_2\ (II)$$

টিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারণে মেটা নাইট্রোবেনজিন থেকে সরাসরি মেটা ফেনিলিন ডাই অ্যামিন পাওয়া যায়।

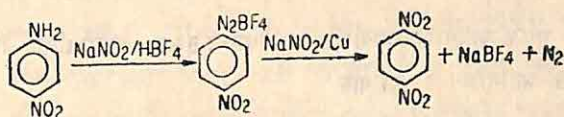
$$C_6H_4(NO_2)_2 \xrightarrow{Sn/HCl} C_6H_4(NH_2)_2$$

ক্ষারীয় দ্রবণে পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিনকে জারিত করে যথাক্রমে 2 : 4 ডাইনাইট্রোফিনল ও 2 : 6 ডাইনাইট্রোফিনলে পরিণত হয়।

$$C_6H_4(NO_2)_2 \xrightarrow[NaOH]{K_4Fe(CN)_6} C_6H_3(NO_2)_2OH + C_6H_3(NO_2)_2OH$$

অর্থো ও প্যারা ডাইনাইট্রোবেনজিন : সরাসরি নাইট্রেশানে এই দুটি ডাইনাইট্রোবেনজিনকে প্রস্তুত করা যায় না। অ্যাসিট্যানিলাইডকে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দিয়ে নাইট্রেশানে অর্থো এবং প্যারা নাইট্রো-অ্যাসিট্যানিলাইড উৎপন্ন হয়।

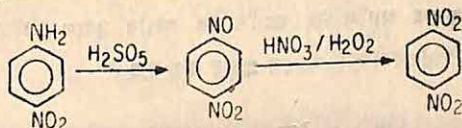
$$C_6H_5NHCOCH_3 \xrightarrow{\text{নাইট্রেশান}} o\text{-}C_6H_4(NHCOCH_3)NO_2 + p\text{-}C_6H_4(NHCOCH_3)NO_2$$

এই দুটি সমাবয়ব যৌগকে পৃথক করে, পৃথক পৃথকভাবে আর্দ্র বিশ্লেষণে যথাক্রমে অর্থো নাইট্রো অ্যানিলিন ও প্যারা নাইট্রো অ্যানিলিনে পরিণত করা হয়।

$$o\text{-}C_6H_4(NHCOCH_3)NO_2 \xrightarrow[H^+]{H_2O} o\text{-}C_6H_4(NH_2)NO_2\ ;\ p\text{-}C_6H_4(NHCOCH_3)NO_2 \xrightarrow[H^+]{H_2O} p\text{-}C_6H_4(NH_2)NO_2$$

এখন নাইট্রো অ্যানিলিনকে ফ্লুয়োবোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট দিয়ে

ডায়াজোডাইজেশান করলে নাইট্রোবেনজিন ডায়াজোনিয়াম ফ্লুয়োবোরেট যৌগ উৎপন্ন হয়। যাকে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও কপার চূর্ণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডাইনাইট্রোবেনজিন পাওয়া যায়। যেমন,

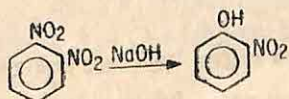
$$C_6H_4(NH_2)(NO_2) \xrightarrow{NaNO_2/HBF_4} C_6H_4(N_2BF_4)(NO_2) \xrightarrow{NaNO_2/Cu} C_6H_4(NO_2)_2 + NaBF_4 + N_2$$

এই একইভাবে অর্থো ডাইনাইট্রোবেনজিন প্রস্তুত করা যায়।

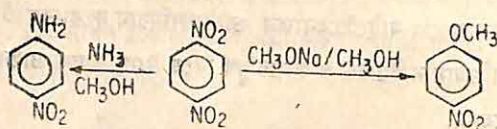
অর্থো এবং প্যারা নাইট্রো অ্যানিলিনকে ক্যারোর (Caro's) অ্যাসিড (H_2SO_5) দিয়ে জারণে নাইট্রোসো নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। যাকে নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোজেন পার অক্সাইড দিয়ে জারণে ডাইনাইট্রোবেনজিন পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(NH_2)(NO_2) \xrightarrow{H_2SO_5} C_6H_4(NO)(NO_2) \xrightarrow{HNO_3/H_2O_2} C_6H_4(NO_2)_2$$

অর্থো ও প্যারা ডাইনাইট্রোবেনজিন যৌগ দুটি প্রায় বর্ণহীন (অত্যন্ত ফিকে হলুদ) কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক যথাক্রমে 118°C এবং 173°C। জলে দুটি যৌগেই অদ্রাব্য।

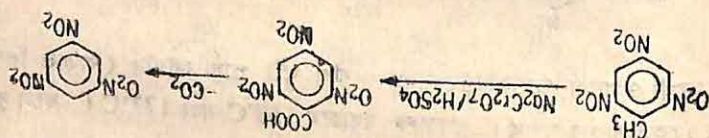
রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অর্থো ও প্যারা ডাইনাইট্রোবেনজিন যৌগ দুটি প্রায় মেটা যৌগের মত। কিন্তু নিউক্লিয়োফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অর্থো ও প্যারা যৌগ দুটি মেটা থেকে আলাদাভাবে আচরণ করে।

যেমন অর্থো এবং প্যারা ডাইনাইট্রোবেনজিন যৌগকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে ফোটালে একটি নাইট্রো মূলক হাইড্রক্সি মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে নাইট্রোফিনল উৎপন্ন করে।

$$C_6H_4(NO_2)_2 \xrightarrow{NaOH} C_6H_4(OH)(NO_2)$$

অর্থো ও প্যারা ডাইনাইট্রোবেনজিনকে মিথানল দ্রবণে সোডিয়াম মিথক্সাইড দিয়ে ফোটালে একটি নাইট্রো মূলক মিথক্সি মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে নাইট্রো অ্যানিসোল উৎপন্ন করে।

$$\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-NO}_2 \xleftarrow[\text{CH}_3\text{OH}]{\text{NH}_3} \text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2 \xrightarrow{\text{CH}_3\text{ONa}/\text{CH}_3\text{OH}} \text{OCH}_3\text{-C}_6\text{H}_4\text{-NO}_2$$

অর্থো ও প্যারা ডাইনাইট্রোবেনজিনকে মিথানল দ্রবণে অ্যামোনিয়া দিয়ে উত্তপ্ত করলে নাইট্রো অ্যানিলিন পাওয়া যায়

1:3:5 সুষম ট্রাইনাইট্রোবেনজিন (s-trinitro benzene, TNB)ঃ মেটা ডাইনাইট্রোবেনজিনকে ধূমায়মান নাইট্রিক ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে 5/6 দিন ধরে উত্তপ্ত করে সুষম ট্রাইনাইট্রোবেনজিন প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু রসায়নাগারে 2 : 4 : 6 ট্রাইনাইট্রোটলুইনকে ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে 2 : 4 : 6 ট্রাইনাইট্রোবেনজোয়িক অ্যাসিড প্রস্তুত করে, তার সোডিয়াম লবণকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে 40°-50°C-এ উত্তপ্ত করলে সুষম ট্রাইনাইট্রোবেনজিন সহজে প্রস্তুত করা হয়।

$$\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_3 \xleftarrow{-\text{CO}_2} \text{HOOC-C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3 \xleftarrow{\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{-C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$$

বিস্ফোরক পদার্থ প্রস্তুতিতে, সাধারণত TNB ব্যবহৃত হয়। এছাড়া পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনকে বিশুদ্ধকরণে ও সনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়। [TNB পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে (1 : 1) জটিল যৌগ প্রস্তুত করে, যাদের সুনির্দিষ্ট গলনাঙ্ক থাকে]

নাইট্রোটলুইন সমূহ ঃ অ্যালকাইল মূলকের উপস্থিতির জন্য বেনজিনের সমগণগুলি সহজেই নাইট্রেশান করা যায়। কারণ অ্যালকাইল মূলক বেনজিন চক্রকে সক্রিয় করে তোলে।

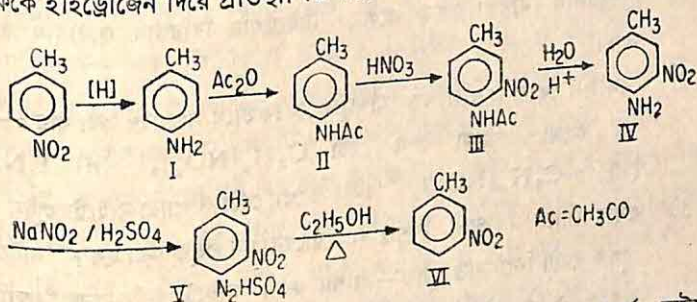
নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দিয়ে টলুইনকে নাইট্রেশান করলে অর্থো ও প্যারা নাইট্রোটলুইন পাওয়া যায়। বিক্রিয়ার শেষে কম চাপে আংশিক পাতন করে অর্থো ও প্যারা নাইট্রোটলুইনকে পৃথক করা হয়।

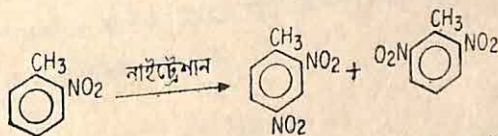
অর্থো নাইট্রোটলুইন হলুদ বর্ণের কেলাসাকার পদার্থ α ও β দুটি রূপে পাওয়া যায়। জলে অদ্রাব্য কিন্তু কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। α-রূপটির গলনাঙ্ক −9·3°C এবং

β-র – 3·2°C। স্ফুটনাঙ্ক 221·7°C। প্যারা নাইট্রোটলুইন কেলাসাকার পদার্থ। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। গলনাঙ্ক 51·7°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 238·5°C।

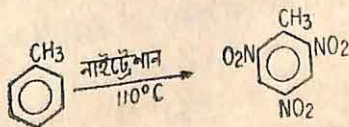
মেটা নাইট্রোটলুইন ঃ প্যারা নাইট্রোটলুইনকে বিজারিত করলে প্যারা টলুইডিন (I) পাওয়া যায়, যাকে অ্যাসিটাইলেশান করে নাইট্রেশান করলে নাইট্রো যৌগ III পাওয়া যায়। III-কে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে অ্যাসিটাইল মূলক মুক্ত করা হয় এবং পরে ডায়াজোডাইজেশান এবং ইথানল দিয়ে উত্তপ্ত করলে অ্যামাইনো মূলককে হাইড্রোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে মেটা নাইট্রোটলুইন পাওয়া যায়।

$$CH_3C_6H_4NO_2 \xrightarrow{[H]} CH_3C_6H_4NH_2\ (I) \xrightarrow{Ac_2O} CH_3C_6H_4NHAc\ (II) \xrightarrow{HNO_3} CH_3C_6H_3(NO_2)NHAc\ (III) \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3C_6H_3(NO_2)NH_2\ (IV)$$

$$\xrightarrow{NaNO_2\,/\,H_2SO_4} CH_3C_6H_3(NO_2)N_2HSO_4\ (V) \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} CH_3C_6H_4NO_2\ (VI) \qquad Ac = CH_3CO$$

ডাইনাইট্রোটলুইন সমূহ, $CH_3C_6H_3(NO_2)_2$ ঃ অর্থো নাইট্রোটলুইনকে পুনরায় নাইট্রেশান করলে 2 : 4 এবং সামান্য পরিমাণে 2 : 6 ডাইনাইট্রোটলুইন পাওয়া যায়। প্যারা নাইট্রোটলুইনকে নাইট্রেশান করলে 2 : 4 ডাই নাইট্রোটলুইন পাওয়া যায়।

$$CH_3C_6H_4NO_2 \xrightarrow{\text{নাইট্রেশান}} CH_3C_6H_3(NO_2)_2\ (2,4) + CH_3C_6H_3(NO_2)_2\ (2,6)$$

মেটা নাইট্রোটলুইনকে নাইট্রেশান করলে 2, 3 ; 2, 5 এবং 3, 4 ডাইনাইট্রোটলুইন পাওয়া যায়। এদের মধ্যে 3 : 4 যৌগটিই বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

2 : 4 : 6 ট্রাইনাইট্রোটলুইন (Trinitrotoluene, TNT) **$CH_3C_6H_2(NO_2)_3$ ঃ** ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দিয়ে টলুইনকে 110°C-এ নাইট্রেশান করলে 2 : 4 : 6 ট্রাইনাইট্রোটলুইন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow[110^\circ C]{\text{নাইট্রেশান}} CH_3C_6H_2(NO_2)_3\ (2,4,6)$$

TNT কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 80·1°C। জলে অদ্রাব্য। কোহল ইথারে স্বল্প দ্রাব্য। অত্যন্ত ভালো বিস্ফোরক। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের সঙ্গে TNT-কে মেশালে অত্যন্ত ভালো বিস্ফোরক অ্যামাটল (Amatol) প্রস্তুত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. নাইট্রেশান বিক্রিয়া কাকে বলে? নাইট্রেশান বিক্রিয়ার কার্যবিধি বর্ণনা কর।
2. বেনজিন থেকে নিম্নলিখিত যৌগগুলিকে কিভাবে সংশ্লেষণ করা যায় :—
(i) অর্থো, প্যারা এবং মেটা $C_6H_4(NO_2)_2$ (ii) T.N.T. (iii) s-$C_6H_3(NO_2)_3$ (iv) অর্থো, মেটা ও প্যারা নাইট্রোটলুইন।
3. রসায়নাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোবেনজিন প্রস্তুত করা হয়? নাইট্রো-মূলক মেটা নির্দেশিত মূলক'—ব্যাখ্যা কর। নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করলে কি কি যৌগ উৎপন্ন হয়? শর্ত সহ বিক্রিয়াগুলি লেখ।

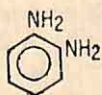
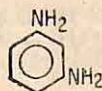
৩০

অ্যারোম্যাটিক অ্যামিনসমূহ
Aromatic Amines

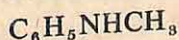
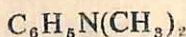
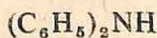
অ্যামোনিয়ার এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যারাইলমূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে তাদের অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন বলে। অ্যামাইনো মূলক সরাসরি অ্যারোম্যাটিক চক্রে যুক্ত থাকলে তাদেরই সাধারণত অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন বলে। অ্যামাইনো মূলক অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের পার্শ্ব শৃঙ্খলে যুক্ত থাকলে, সেই সমস্ত অ্যামিনগুলি সাধারণত অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিনের মত আচরণ করে।

নিউক্লিয়ার প্রতিস্থাপিত অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন তিন প্রকার হয়—যেমন প্রাথমিক $ArNH_2$, দ্বিতীয়ক Ar_2NH ও $ArNHR$, তৃতীয়ক Ar_3N, Ar_2NR ও $ArNR_2$ হয়। যেখানে Ar = অ্যারাইল এবং R = অ্যালকাইল মূলক।

Ar_4NX এইরকম চতুর্থক অ্যামিন জানা না থাকলেও Ar_3NRX অ্যামিন জানা আছে।

নামকরণ : I.U.P.A.C. পদ্ধতিতে অ্যামাইনো বেনজিনকে অ্যানিলিন এবং অ্যামাইনো টলুইনগুলিকে টলুইডিন বলা হয়। এছাড়া অন্যান্য অ্যামিনকে বেনজিনের বা টলুইনের অ্যামাইনো জাতক হিসেবে বলা হয় এবং অ্যামাইনো ও অন্যান্য মূলকের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা সুনির্দিষ্ট করা থাকে।

1 : 2 ডাই অ্যামাইনো বেনজিন, বা অর্থো ফেনিলিন ডাই অ্যামিন

1 : 3 ডাই অ্যামাইনো বেনজিন, বা মেটা ফেনিলিন ডাই অ্যামিন

1 : 4 ডাই অ্যামাইনো বেনজিন, বা প্যারা ফেনিলিন ডাই অ্যামিন

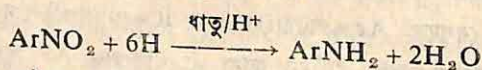
অন্যান্য অ্যামাইনগুলিকে নামকরণে যে যে মূলক অ্যামাইনো মূলকে সংযুক্ত থাকে তাদের নামগুলি অ্যালফাবেট হিসেবে বলে অ্যামিন যোগ করে দিলেই নামকরণ হয়ে যায়। যেমন

$C_6H_5NHCH_3$	$C_6H_5N(CH_3)_2$	$(C_6H_5)_2NH$
N মিথাইল অ্যানিলিন	N : N ডাই মিথাইল অ্যানিলিন	ডাই ফিনাইল অ্যামিন

N মিথাইল মানে মিথাইল মূলকটি নাইট্রোজেনে সংযুক্ত এবং N : N ডাই মিথাইল মানে দুই মিথাইল মূলক অভিন্ন নাইট্রোজন পরমাণুতে যুক্ত।

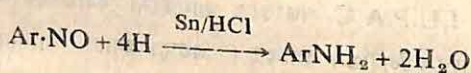
প্রাথমিক মনো অ্যামিন সমূহ

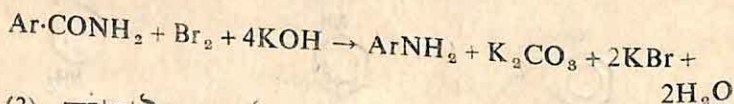
অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের চক্রের একটি হাইড্রোজেন যদি একটি অ্যামাইনো ($-NH_2$) মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত থাকে তাদের প্রাথমিক মনো অ্যামিন বলে। যেমন,

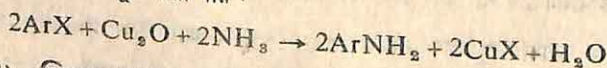
$C_6H_5NH_2$ অ্যানিলিন $CH_3C_6H_4NH_2$ টলুইডিন সমূহ

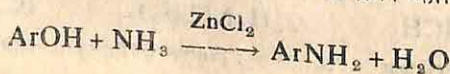
প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি সমূহ : (1) উপযুক্ত নাইট্রো যৌগকে টিন, জিংক বা লোহা এবং হাইড্রোক্লোরিক বা অ্যাসিটিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে প্রাথমিক অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়।

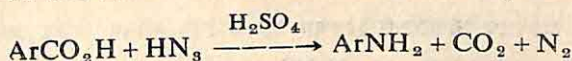
$$ArNO_2 + 6H \xrightarrow{\text{ধাতু}/H^+} ArNH_2 + 2H_2O$$

টিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে নাইট্রোসো যৌগকে বিজারিত করলেও অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়।

$$Ar{\cdot}NO + 4H \xrightarrow{Sn/HCl} ArNH_2 + 2H_2O$$

(2) **হফম্যান অবনমন পদ্ধতি দ্বারা :** ব্রোমিন ও কস্টিক ক্ষারের উপস্থিতিতে অ্যারোম্যাটিক অ্যামাইডের বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়।

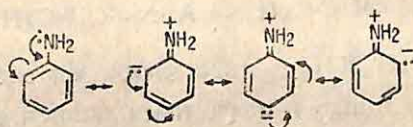
$$Ar{\cdot}CONH_2 + Br_2 + 4KOH \rightarrow ArNH_2 + K_2CO_3 + 2KBr + 2H_2O$$

(3) **অ্যারাইল হ্যালাইড থেকে :** কিউপ্রাস অক্সাইডের উপস্থিতিতে উচ্চতাপে ও চাপে অ্যারাইল হ্যালাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়।

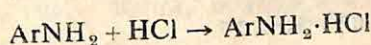
$$2ArX + Cu_2O + 2NH_3 \rightarrow 2ArNH_2 + 2CuX + H_2O$$

(4) **ফিনল থেকে :** 300°C-এ এবং অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফিনলের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়।

$$ArOH + NH_3 \xrightarrow{ZnCl_2} ArNH_2 + H_2O$$

(5) হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যারোম্যাটিক কার্বক্সিল অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়।

$$ArCO_2H + HN_3 \xrightarrow{H_2SO_4} ArNH_2 + CO_2 + N_2$$

অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনগুলি সাধারণত বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল বা কঠিন পদার্থ হয়। এগুলি জলে অদ্রাব্য এবং জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য হয়।

প্রাথমিক অ্যারোম্যাটিক মনো অ্যামিন যৌগে অ্যামাইনো মূলক $-NH_2$ সরাসরি অ্যারোম্যাটিক চক্রে সংযুক্ত থাকে। ফলে অ্যামাইনো মূলকের ধর্ম এই সকল যৌগে লক্ষ্য করা যায়। আবার অ্যামাইনো মূলকের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অ্যারোম্যাটিক চক্রের π ইলেকট্রনের সঙ্গে অধিক্রমণের ফলে চক্রের অর্থো এবং প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি করতে সাহায্য করে। ফলে ইলেক্ট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় আগত মূলক অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে আক্রমণ করবে।

$\ddot{N}H_2$ ↔ $\overset{+}{N}H_2$ ↔ $\overset{+}{N}H_2$ ↔ $\overset{+}{N}H_2$

বিক্রিয়াসমূহ : (1) তীব্র অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রাথমিক অ্যামিনগুলি লবণ উৎপন্ন করে।

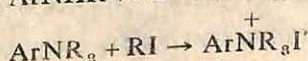
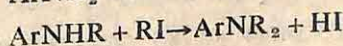
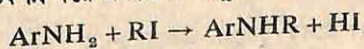
$$ArNH_2 + HCl \rightarrow ArNH_2{\cdot}HCl$$

(2) শক্তিশালী তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু সোডিয়াম পটাশিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস মুক্ত করে ধাতব জাতক উৎপন্ন করে।

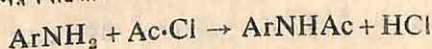
$$2ArNH_2 + 2Na \rightarrow 2ArNHNa + H_2$$

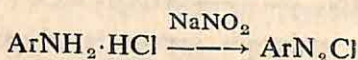
(3) অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে পর্যায়ক্রমে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে দ্বিতীয়ক, তৃতীয়ক অ্যামিন উৎপন্ন করে এবং শেষে চতুর্থক অ্যামিন লবণ উৎপন্ন হয়।

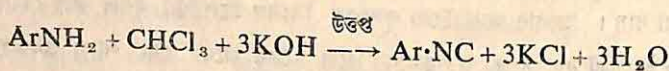
$$ArNH_2 + RI \rightarrow ArNHR + HI$$

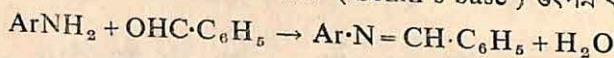
$$ArNHR + RI \rightarrow ArNR_2 + HI$$

$$ArNR_2 + RI \rightarrow Ar\overset{+}{N}R_3I^-$$

(4) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বা অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করে।

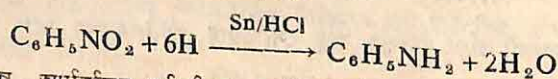
$$ArNH_2 + Ac{\cdot}Cl \rightarrow ArNHAc + HCl \qquad Ac = CH_3CO$$

(5) অতিরিক্ত অ্যাসিডের উপস্থিতিতে এবং 5°C-এর তলায় নাইট্রাস অ্যাসিড অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাইঅ্যাজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে ডায়াজোডাইজেশান বলে।

$$ArNH_2 \cdot HCl \xrightarrow{NaNO_2} ArN_2Cl$$

(6) **কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া :** কস্টিক ক্ষারের উপস্থিতিতে ক্লোরোফর্মের সঙ্গে অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের বিক্রিয়ায় কার্বিল অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন হয়। গন্ধ দিয়ে যাকে সনাক্ত করা যায়।

$$ArNH_2 + CHCl_3 + 3KOH \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত}} Ar{\cdot}NC + 3KCl + 3H_2O$$

(7) **অ্যালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** অ্যালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন শিফের ক্ষারক (Schiff's base) উৎপন্ন করে।

$$ArNH_2 + OHC{\cdot}C_6H_5 \rightarrow Ar{\cdot}N = CH{\cdot}C_6H_5 + H_2O$$

অ্যানিলিন $C_6H_5NH_2$: 1826 খ্রীষ্টাব্দে অ্যানভার্ডোর্বেন (Unverdorben) নীলকে (Indigo) অন্তর্ধূম পাতনে অ্যানিলিন প্রথম প্রস্তুত করেন। আলকাতরায় অল্প পরিমাণে অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : (1) টিন ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে নাইট্রোবেনজিনকে উত্তপ্ত করে বিজারণে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।

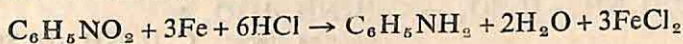
$$C_6H_5NO_2 + 6H \xrightarrow{Sn/HCl} C_6H_5NH_2 + 2H_2O$$

উৎপন্ন অ্যানিলিন অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড নামে লবণ উৎপন্ন করে, পরে যা উৎপন্ন স্ট্যানিক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যুগ্ম লবণ (double salt) $(C_6H_5NH_2HCl)_2SnCl_4$ উৎপন্ন করে।

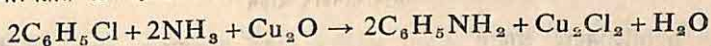
নাইট্রোবেনজিন ও ধাতব টিনের টুকরো একত্রে ফ্লাস্কে নেওয়া হয় এবং এতে অল্প অল্প করে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করে ভালোভাবে নাড়া হয়, যাতে অতিরিক্ত উত্তপ্ত না হয়। অ্যাসিড যোগ শেষ হয়ে গেলে ফ্লাস্কটিকে জলগাহের উপর বসিয়ে উত্তপ্ত করে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা হয়।

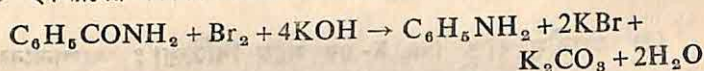
পরে ঐ মিশ্রণের মধ্যে কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করে অ্যানিলিনের যুগ্ম লবণ থেকে অ্যানিলিনকে মুক্ত করা হয় ; যা ঐ দ্রবণেই থাকে। ঐ দ্রবণ থেকে বাষ্প

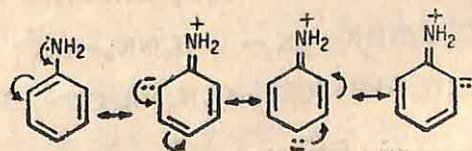
পাতনে অ্যানিলিনকে পৃথক করা হয়। এই অ্যানিলিনের সঙ্গে প্রচুর জল থাকে। এই দ্রবণকে সোডিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে সম্পৃক্ত করে ইথার দিয়ে অ্যানিলিনকে নিষ্কাশিত করা হয়। অ্যানিলিনের ইথার দ্রবণকে কঠিন কস্টিক পটাশ দিয়ে শুষ্ক করে ইথারকে পাতন করে অপসারিত করা হয়। পরে ঐ অ্যানিলিনকে পাতন করে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়।

2. অল্প হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে লোহা চূর্ণ ও জল দিয়ে নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করে অ্যানিলিনের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$C_6H_5NO_2 + 3Fe + 6HCl \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O + 3FeCl_2$$

3. 200°C-এ, উচ্চ চাপে এবং কিউপ্রাস অক্সাইডের উপস্থিতিতে জলীয় অ্যামোনিয়ার সঙ্গে ক্লোরোবেনজিনের বিক্রিয়ায় অ্যানিলিনের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$2C_6H_5Cl + 2NH_3 + Cu_2O \rightarrow 2C_6H_5NH_2 + Cu_2Cl_2 + H_2O$$

4. হফম্যানের অবনমন বিক্রিয়ায় বেনজ্যামাইডকে অ্যানিলিনে পরিণত করা যায়

$$C_6H_5CONH_2 + Br_2 + 4KOH \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2KBr + K_2CO_3 + 2H_2O$$

ধর্ম ঃ সদ্য পাতিত অ্যানিলিন বর্ণহীন তরল। এটির একটি অস্বস্তিকর গন্ধ আছে এবং এটি বিষাক্ত পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক 184°C। বাতাসে খুলে রাখলে অ্যানিলিন তাড়াতাড়ি কালো হয়ে পড়ে। অ্যানিলিন জলে অতি অল্প পরিমাণে দ্রাব্য (প্রায় অদ্রাব্য), কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য।

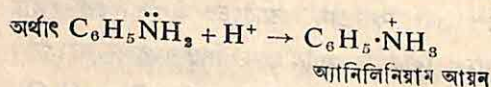
অ্যানিলিন ক্ষারকীয় (basic) পদার্থ এবং অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে। অ্যানিলিন তীব্র অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে কেলাসাকার লবণ প্রস্তুত করে, যারা জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। অ্যানিলিন ক্ষারকীয় হলেও সংস্পন্দনের জন্য মিথাইল অ্যামিন বা অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিনের থেকে কম ক্ষারকীয়।

অ্যানিলিনের নাইট্রোজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সংস্পন্দনের জন্য প্রাপ্তির সম্ভাবনা কম থাকে। ফলে এই ইলেকট্রন জোড়টি প্রোটনের সঙ্গে সংযুক্ত হবার সম্ভাবনা কম হয়। তাছাড়া সংস্পন্দনের জন্য নাইট্রোজেনের উপর (+) আধান প্রোটনকে

বিকর্ষণ করে। আর এর জন্যই অ্যানিলিনের ক্ষারকীয়তা অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিনের থেকে কম হয়।

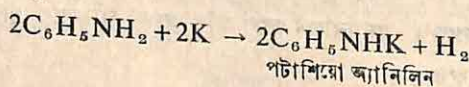
অ্যামাইনো মূলকের বিক্রিয়া : (1) লবণ গঠন : অ্যানিলিন ক্ষারকীয় বলে তীব্র অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5\overset{+}{N}H_3\overset{-}{Cl} \text{ বা } C_6H_5NH_2\cdot HCl$$
অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড

$$C_6H_5NH_2 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5\overset{+}{N}H_3\cdot HSO_4 \text{ বা } C_6H_5NH_2\cdot H_2SO_4$$
অ্যানিলিন সালফেট

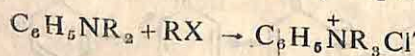
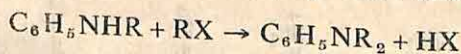
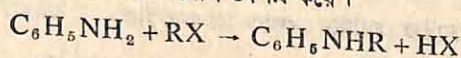
অর্থাৎ $C_6H_5\ddot{N}H_2 + H^+ \rightarrow C_6H_5\cdot\overset{+}{N}H_3$
অ্যানিলিনিয়াম আয়ন

অ্যানিলিনিয়াম আয়নে নাইট্রোজেনটিতে চারটি সমযোজক এবং একটি তড়িৎ যোজক আছে।

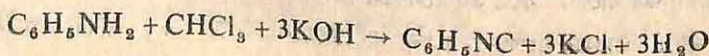
(2) ক্ষারীয় ধাতু Na, K-এর সঙ্গে বিক্রিয়া : সংস্পন্দনের জন্য যদিও অ্যানিলিনের ক্ষারধর্মিতা কমে যায় তবুও তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু সোডিয়াম এবং পটাশিয়াম ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়ো বা পটাশিয়ো যৌগ উৎপন্ন করে এবং হাইড্রোজেন মুক্ত করে।

$$2C_6H_5NH_2 + 2K \rightarrow 2C_6H_5NHK + H_2$$
পটাশিয়ো অ্যানিলিন

(3) অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া : অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিনের মত অ্যানিলিনও অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় দ্বিতীয়ক, তৃতীয়ক অ্যামিন এবং সবশেষে চতুর্থক অ্যামোনিয়াম যৌগ উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5NH_2 + RX \rightarrow C_6H_5NHR + HX$$

$$C_6H_5NHR + RX \rightarrow C_6H_5NR_2 + HX$$

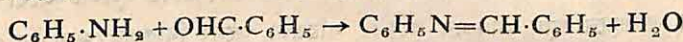
$$C_6H_5NR_2 + RX \rightarrow C_6H_5\overset{+}{N}R_3Cl'$$

(4) কার্বল অ্যামিন বিক্রিয়া : ক্লোরোফর্ম এবং কস্টিক পটাশের ইথানল দ্রবণের মিশ্রণের সঙ্গে অ্যানিলিনকে উত্তপ্ত করলে ফিনাইল আইসোসায়ানাইড বা কার্বিল অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5NH_2 + CHCl_3 + 3KOH \rightarrow C_6H_5NC + 3KCl + 3H_2O$$

(5) অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড বা ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া : অ্যানিলিন ও জলের উত্তপ্ত দ্রবণে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড যোগ করলে অ্যাসিট্যানিলাইড উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম অ্যাসিটেট, জিঙ্ক চূর্ণ ও অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায়ও অ্যাসিট্যানিলাইড (I) উৎপন্ন হয়।

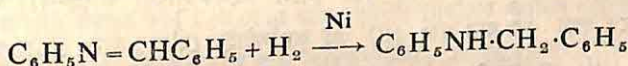
$$C_6H_5NH_2 + (CH_3CO)_2O \rightarrow \underset{(I)}{C_6H_5NHCOCH_3} + CH_3COOH$$

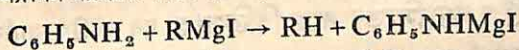
$$C_6H_5NH_2 + CH_3COCl \rightarrow C_6H_5NHCOCH_3 + HCl$$

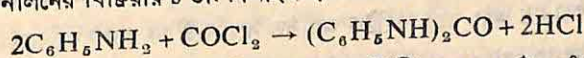
(6) বেনজালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া : অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইডের সঙ্গে অ্যানিলিনকে উত্তপ্ত করলে অ্যানিল বা শিফ ক্ষারক (Schiff's base) উৎপন্ন হয়।

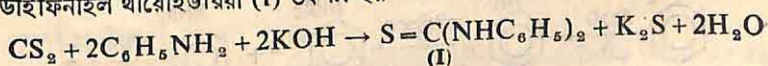
$$C_6H_5\cdot NH_2 + OHC\cdot C_6H_5 \rightarrow C_6H_5N{=}CH\cdot C_6H_5 + H_2O$$

বেনজিলিডিন অ্যানিলিন (শিফ ক্ষারক)

শিফ ক্ষারক সহজে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় এবং এতে পুনরায় অ্যামিন উৎপন্ন হয়। শিফ ক্ষারককে বিজারিত করলে দ্বিতীয়ক অ্যামিন পাওয়া যায়।

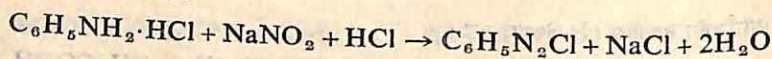
$$C_6H_5N{=}CHC_6H_5 + H_2 \xrightarrow{Ni} C_6H_5NH\cdot CH_2\cdot C_6H_5$$

(7) গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন এবং ফিনাইল অ্যামিন ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5NH_2 + RMgI \rightarrow RH + C_6H_5NHMgI$$

(8) কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া : কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় s ডাইফিনাইল ইউরিয়া উৎপন্ন হয়।

$$2C_6H_5NH_2 + COCl_2 \rightarrow (C_6H_5NH)_2CO + 2HCl$$

(9) কার্বন ডাইসালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া : কঠিন কস্টিক পটাশ ও কার্বন ডাইসালফাইডের ইথানল দ্রবণ মিশ্রণের সঙ্গে অ্যানিলিনকে রিফ্লাক্স করলে ডাইফিনাইল থায়োইউরিয়া (I) উৎপন্ন হয়।

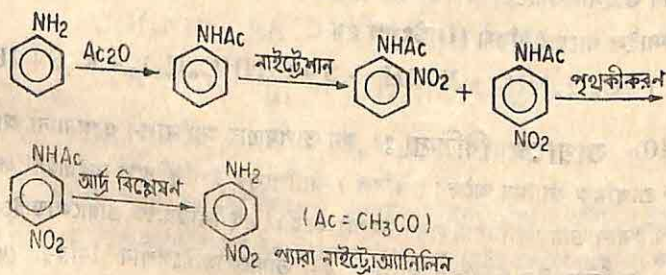
$$CS_2 + 2C_6H_5NH_2 + 2KOH \rightarrow S{=}\underset{(I)}{C}(NHC_6H_5)_2 + K_2S + 2H_2O$$

(10) ডায়াজো বিক্রিয়া : কম তাপমাত্রায় অ্যানিলিন ও অন্যান্য অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন অজৈব (খনিজ) অ্যাসিডের উপস্থিতিতে নাইট্রাইট লবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডায়াজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে ডায়াজোডাইজেশান বলে। অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন এই ডায়াজোডাইজেশান বিক্রিয়া দেয় না (পার্থক্য)। ডায়াজো লবণগুলি জলে খুবই দ্রাব্য।

0°-5°C-এ অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যানিলিন সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজিন ডাই অ্যাজোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5NH_2\cdot HCl + NaNO_2 + HCl \rightarrow C_6H_5N_2Cl + NaCl + 2H_2O$$

বেনজিন চক্রের জন্য বিক্রিয়া : অ্যানিলিনের অ্যামাইনো মূলকের নাইট্রোজেনে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগলটি বেনজিন চক্রের π ইলেকট্রনের সঙ্গে অধিক্রমণের ফলে বেনজিন চক্রের অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। ফলে ইলেকট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অ্যানিলিনের বেনজিন চক্রটিকে (বেনজিনের তুলনায়) অধিকতর সক্রিয় করে তোলে এবং আগত মূলকটি অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে স্থান অধিকার করে। সক্রিয়তা অনেক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এত বেশি মাত্রায় হয়, যাতে বেনজিন চক্রটি ভেঙ্গে যেতে পারে। ঐ সকল বিক্রিয়ার তীব্রতাকে কমাবার জন্য এবং অ্যামাইনো মূলককে রক্ষা করার জন্য অ্যাসিটাইলেশান করে নেওয়া হয়। অ্যাসিটাইলেশান করে নিলে অনেক সুবিধা আছে—(i) অ্যামাইনো মূলককে রক্ষা করা যায় এবং (ii) এই অ্যাসিটাইল যৌগের জারণ প্রভাব অনেক কম এবং (iii) অ্যাসিটাইল যৌগ থেকে সহজে আর্দ্রবিশ্লেষণে পুনরায় অ্যামাইনো মূলকে পরিবর্তন করা যায়।

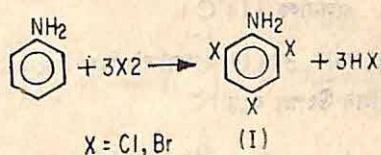
(1) **নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড (তীব্র জারক পদার্থ) অ্যানিলিনকে জারিত করে অঙ্গারে (char) পরিণত করে। তাই অ্যানিলিনকে নাইট্রেশান করতে হলে প্রথমে অ্যামাইনো মূলককে অ্যাসিটাইলেশান করে সংরক্ষিত করা হয় এবং পরে নাইট্রিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে নাইট্রেশান করা এবং উৎপন্ন যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষণে অ্যাসিটাইল মূলককে বিমুক্ত করে পুনরায় অ্যামাইনো মূলককে উদ্ধার করা হয়।

$C_6H_5NH_2$ —Ac_2O→ C_6H_5NHAc —নাইট্রেশান→ $o\text{-}NO_2C_6H_4NHAc$ + $p\text{-}NO_2C_6H_4NHAc$ —পৃথকীকরণ→

$p\text{-}NO_2C_6H_4NHAc$ —আর্দ্র বিশ্লেষণ→ $p\text{-}NO_2C_6H_4NH_2$ প্যারা নাইট্রোঅ্যানিলিন ($Ac = CH_3CO$)

(2) **হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া :** বেনজিনের থেকে অ্যানিলিন অনেক

সহজে হ্যালোজেনের (Cl_2, Br_2) সঙ্গে বিক্রিয়ায় 2 : 4 : 6 ট্রাই হ্যালোঅ্যানিলিন I উৎপন্ন হয়।

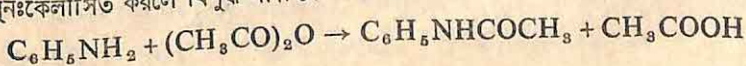
$$C_6H_5NH_2 + 3X_2 \rightarrow C_6H_2X_3NH_2\ (I) + 3HX$$

X = Cl, Br (I)

ব্যবহার ঃ নীল (Indigo), রঞ্জন বস্তু, সালফার ড্রাগ, সালফানিলিক অ্যাসিড ইত্যাদি প্রস্তুতিতে এবং রাবার শিল্পে দ্রাবক হিসেবে অ্যানিলিন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

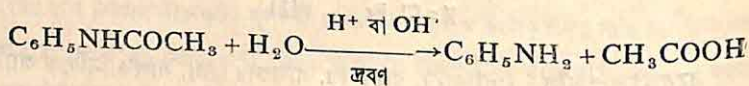
সনাক্তকরণ ঃ (i) অ্যানিলিন কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া দেয়, (যে কোন প্রাথমিক অ্যামিনই দেবে), (ii) অ্যানিলিন ডায়াজো বিক্রিয়া দেয় এবং উৎপন্ন ডায়াজো যৌগটিতে যে কোন ফিনলের ক্ষারীয় দ্রবণ যোগ করে সুন্দর লাল রঙের অ্যাজো রঞ্জন বস্তু উৎপন্ন করে (যে কোন অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন এই বিক্রিয়া দেয়), (iii) ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ট্রাইব্রোমো অ্যানিলিনের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় এবং (iv) হাইপোক্লোরাইট বা ব্লিচিং পাউডারের জলীয় দ্রবণে অ্যানিলিন যোগ করলে বেগুনী বর্ণ সৃষ্টি হয়। এ ছাড়া অ্যানিলিনের গন্ধ দিয়েও একে সনাক্ত করা যায়।

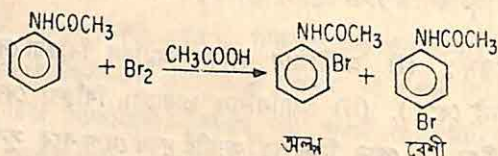
অ্যাসিট্যানিলাইড, অ্যাসিটাইল অ্যানিলিন, $C_6H_5NHCOCH_3$ ঃ জিঙ্ক চূর্ণ ও গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে অ্যানিলিনকে রিফ্লাক্স করে উৎপন্ন পদার্থকে শীতল জলে ঢাললে অ্যাসিট্যানিলাইডের সাদা কেলাস পাওয়া যায়, যাকে পরিস্রুত করে জলকে সরিয়ে দেওয়া হয় এবং পরে এই অবিশুদ্ধ অ্যাসিট্যানিলাইডকে কোহলের জলীয় দ্রবণ থেকে বা শুধু জল থেকে পুনঃকেলাসিত করা হয়।

আজকাল অ্যানিলিন ও জলের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ফোঁটা ফোঁটা করে যোগ করে, ভালোভাবে নাড়িয়ে এবং খানিকটা উত্তপ্ত করে, পরে ধীরে ধীরে দ্রবণটিকে শীতল করলে অ্যাসিট্যানিলাইডের সাদা কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়। যাকে পরিস্রুত করে আলাদা করে অল্প শীতল জল দিয়ে ধুয়ে, পরে উত্তপ্ত জল থেকে পুনঃকেলাসিত করলে বিশুদ্ধ সাদা কেলাসাকার অ্যাসিট্যানিলাইড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5NH_2 + (CH_3CO)_2O \rightarrow C_6H_5NHCOCH_3 + CH_3COOH$$

অ্যাসিট্যানিলাইড সাদা কেলাসাকার পদার্থ। ঠাণ্ডা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু গরম জলে দ্রাব্য এবং গরম জল থেকে অ্যাসিট্যানিলাইডকে কেলাসিত করা হয়। এটি কোহল, ইথারে দ্রাব্য। গলনাঙ্ক 114°C।

তীব্র অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবণ দিয়ে অ্যাসিট্যানিলাইডকে উত্তপ্ত করলে এটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যানিলিন উৎপন্ন করে।

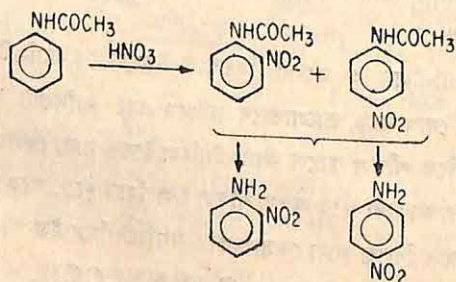
$$C_6H_5NHCOCH_3 + H_2O \xrightarrow[\text{দ্রবণ}]{H^+ \text{ বা } OH^-} C_6H_5NH_2 + CH_3COOH$$

অ্যাসিড অ্যামাইডো মূলকটি (CH_3CONH-) অর্থোপ্যারা নির্দেশক মূলক।

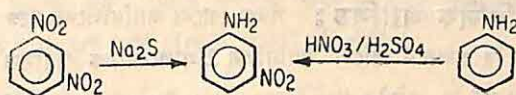
$$C_6H_5NHCOCH_3 + Br_2 \xrightarrow{CH_3COOH} o\text{-}BrC_6H_4NHCOCH_3 \ (\text{অল্প}) + p\text{-}BrC_6H_4NHCOCH_3 \ (\text{বেশী})$$

ব্যবহার: আগে অ্যান্টিফেব্রিন (Antifebrin) নামে জ্বর কমাবার ঔষধ হিসাবে, রঞ্জন পদার্থ এবং অনেক যৌগ প্রস্তুতিতে অন্তর্বর্তী যৌগ হিসেবে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রো অ্যানিলিন সমূহ: অ্যাসিট্যানিলাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে নাইট্রেশান করলে অর্থো ও প্যারা নাইট্রো অ্যাসিটাইল অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন পদার্থকে ক্লোরোফর্ম দিয়ে ঝাঁকালে অর্থো সমাবয়বটি দ্রবীভূত হয়ে যায়, কিন্তু প্যারা সমাবয়বটি অদ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। পরিস্রুত করে দুটি সমাবয়বকে পৃথক করে নিয়ে, প্রত্যেককে আলাদা আলাদা ভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে অর্থো এবং প্যারানাইট্রো অ্যানিলিন যৌগ দুটি পাওয়া যায়।

$$C_6H_5NHCOCH_3 \xrightarrow{HNO_3} o\text{-}NO_2C_6H_4NHCOCH_3 + p\text{-}NO_2C_6H_4NHCOCH_3$$

$$\downarrow \qquad\qquad \downarrow$$

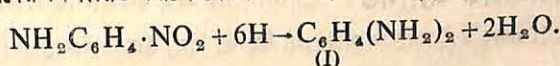
$$o\text{-}NO_2C_6H_4NH_2 \qquad p\text{-}NO_2C_6H_4NH_2$$

মেটা ডাইনাইট্রো বেনজিনকে সোডিয়াম সালফাইড দিয়ে আংশিক বিজারিত করলে মেটা নাইট্রো অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

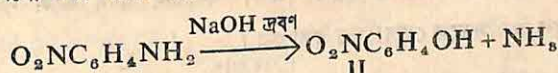
$$C_6H_4(NO_2)_2 \xrightarrow{Na_2S} NH_2C_6H_4NO_2 \xleftarrow{HNO_3/H_2SO_4} C_6H_5NH_2$$

এছাড়া অ্যানিলিনকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে অল্প অল্প করে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করে মেটানাইট্রো অ্যানিলিন প্রস্তুত করা যায়।

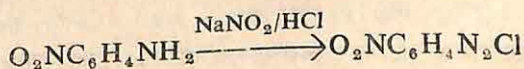
অর্থো, মেটা ও প্যারা নাইট্রো যৌগগুলি হলুদ রঙের কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক যথাক্রমে 71·5°, 114° এবং 148°C। সাধারণ তাপমাত্রায় জলে স্বল্প দ্রাব্য। কিন্তু গরম জলে এবং জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য।

নাইট্রো অ্যানিলিনগুলি ক্ষারকীয় ধর্ম অ্যানিলিনের থেকে কম অর্থাৎ মৃদু ক্ষারধর্মী পদার্থ। কারণ প্রবল ইলেকট্রন আকর্ষী নাইট্রো মূলক অ্যারোম্যাটিক চক্রে থাকায় এটি চক্রে সরাসরি যুক্ত অ্যামাইনো মূলকের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলটিকে সরিয়ে ফেলতে অধিকতর সাহায্য করে। ফলে এই ইলেকট্রন যুগলটি প্রোটনের সঙ্গে যুক্ত হবার জন্য কম পাওয়া যায়।

নাইট্রোঅ্যানিলিনের লবণগুলি সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। নাইট্রো-অ্যানিলিনদের বিজারিত করলে ফেনিলিন ডাই আমিন (I) পাওয়া যায়।

$$NH_2C_6H_4 \cdot NO_2 + 6H \rightarrow \underset{(I)}{C_6H_4(NH_2)_2} + 2H_2O.$$

অর্থো এবং প্যারা নাইট্রো অ্যানিলিনকে কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে যথাক্রমে অর্থো এবং প্যারা নাইট্রোফিনল (II) পাওয়া যায়।

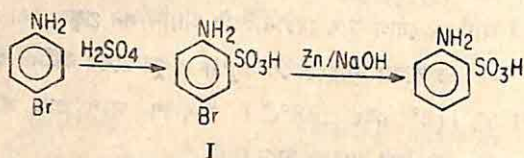
$$O_2NC_6H_4NH_2 \xrightarrow{NaOH\ \text{দ্রবণ}} \underset{II}{O_2NC_6H_4OH} + NH_3$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রোঅ্যানিলিনগুলি ডায়াজো লবণ উৎপন্ন করে।

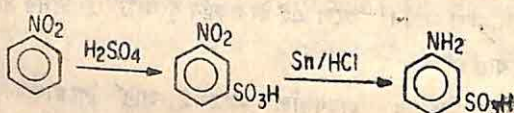
$$O_2NC_6H_4NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HCl} O_2NC_6H_4N_2Cl$$

রঞ্জন বস্তু ও বিস্ফোরক পদার্থ প্রস্তুতিতে নাইট্রো অ্যানিলিনগুলি ব্যবহৃত হয়।

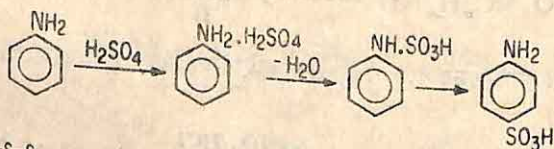
অ্যামাইনো বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড সমূহ, $H_2NC_6H_4SO_3H$: অর্থো, মেটা এবং প্যারা অ্যামাইনো বেনজিন সালফোনিক

অ্যাসিডকে যথাক্রমে অর্থানিলিক (Orthanilic), মেটানিলিক (Metanilic) এবং সালফানিলিক (Sulphanilic) অ্যাসিড বলে।

অর্থানিলিক অ্যাসিড ঃ প্যারা ব্রোমো অ্যানিলিনের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 4 ব্রোমো অ্যানিলিন 2 সালফোনিক অ্যাসিড (I) উৎপন্ন হয়, যাকে জিংক চূর্ণ ও কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে অর্থানিলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

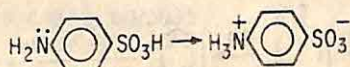
$$C_6H_4(NH_2)Br \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{I}}{C_6H_3(NH_2)(SO_3H)Br} \xrightarrow{Zn/NaOH} C_6H_4(NH_2)SO_3H$$

মেটানিলিক অ্যাসিড ঃ নাইট্রোবেনজিনের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় মেটানাইট্রোবেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, যাকে টিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে মেটানিলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_4(NO_2)SO_3H \xrightarrow{Sn/HCl} C_6H_4(NH_2)SO_3H$$

সালফানিলিক অ্যাসিড ঃ অ্যানিলিনের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যানিলিন হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়, উচ্চ তাপমাত্রায় (180°C-এ) যার থেকে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে N-ফিনাইল অ্যাসিড (II) উৎপন্ন হয়, যা পুনর্বিন্যাসিত হয়ে প্যারা অ্যামাইনো বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডে এবং কিছুটা অর্থানিলিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। অল্প পরিমাণ গরম জলে দ্রবীভূত করে সালফানিলিক অ্যাসিডকে কেলাসিত করা হয়।

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NH_2.H_2SO_4 \xrightarrow{-H_2O} C_6H_5NH.SO_3H \longrightarrow C_6H_4(NH_2)SO_3H$$

সালফানিলিক অ্যাসিড কেলাসাকার কঠিন। 280-300°C-এর মধ্যে এটি না গলে ভেঙ্গে যায়। এই যৌগটির ক্ষারকীয় ধর্মের চেয়ে আম্লিক ধর্মই বেশি প্রকাশ পায় এবং ক্ষারকের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে। কিন্তু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

সালফোনিক অ্যাসিডের সালফোনিক মূলকটি আয়নিত হয়ে প্রোটন দেয় যা

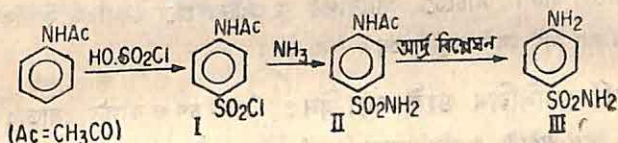
অ্যামাইনো মূলকের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সঙ্গে যুক্ত হয়ে $-NH_3^+$ আয়ন দেয় এবং এতে সালফোনিক মূলকটি SO_3^- মূলকে পরিণত হয়। SO_3^- এবং $-HN_3^+$ উভয় মূলকই একই যৌগে বর্তমান থাকে। একে জুইটারআয়ন বা অ্যাম্ফোলাইট বলে বা অন্তঃস্থ লবণ (Inner salt) (I) বলে।

$$H_2\ddot{N}-C_6H_4-SO_3H \longrightarrow H_3\overset{+}{N}-C_6H_4-SO_3^-$$

I

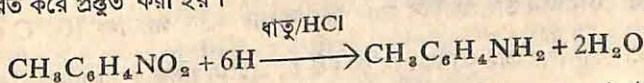
ব্যবহারঃ সালফানিল্যামাইড ও রঞ্জন বস্তু প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

সালফানিল্যামাইড, $NH_2C_6H_4SO_2NH_2$ (প্যারা)ঃ অ্যাসিট্যানিলাইডের সঙ্গে ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্যারা অ্যাসিটাইল অ্যামাইনো বেনজিন সালফোনাইল ক্লোরাইড (I) উৎপন্ন হয়, যার সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় প্যারা অ্যাসিটাইল অ্যামাইনো বেনজিন সালফানিল্যামাইড (1I)। যৌগ II-কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে পাওয়া যায় সালফানিল্যামাইড III।

$$C_6H_5NHAc \xrightarrow{HO.SO_2Cl} \underset{I}{AcNH-C_6H_4-SO_2Cl} \xrightarrow{NH_3} \underset{II}{AcNH-C_6H_4-SO_2NH_2} \xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}} \underset{III}{NH_2-C_6H_4-SO_2NH_2}$$

$(Ac = CH_3CO)$

সালফানিল্যামাইড সাদা কেলাসাকার পদার্থ, জলে অল্প পরিমাণে দ্রাব্য। সালফা ড্রাগ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

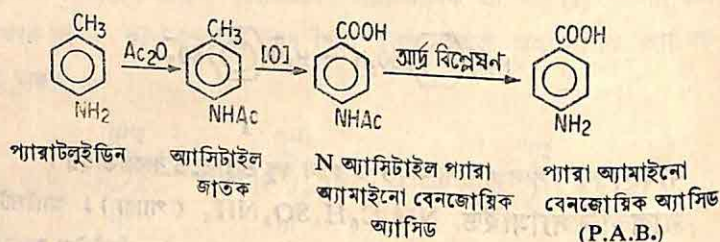
টলুইডিন সমূহ, $CH_3C_6H_4NH_2$ঃ অর্থো, মেটা এবং প্যারাটলুইডিন যথাক্রমে অর্থো, মেটা এবং প্যারা নাইট্রোটলুইনকে ধাতু ও খনিজ অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করে প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3C_6H_4NO_2 + 6H \xrightarrow{\text{ধাতু}/HCl} CH_3C_6H_4NH_2 + 2H_2O$$

সাধারণ তাপমাত্রায় অর্থো ও মেটা টলুইডিন তরল পদার্থ এবং প্যারা যৌগটি কঠিন পদার্থ। অর্থো ও মেটা যৌগের স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 200·4°C এবং 203°C এবং প্যারা যৌগটির গলনাঙ্ক 43·8°C। টলুইডিনগুলি জলে অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় টলুইডিনগুলি অ্যানিলিনের মত, তবে মিথাইল মূলকের উপস্থিতিতে অধিকতর সক্রিয় হয়।

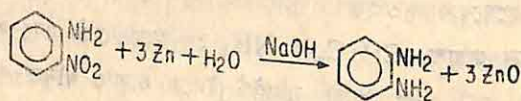
টলুইডিনগুলি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে, ডায়াজো বিক্রিয়া দেয়

এবং অ্যামাইনো মূলককে অ্যাসিটাইলেশন করা যায়, এতে অ্যানিলাইড যৌগ ($CH_3C_6H_4NHCOCH_3$) উৎপন্ন হয় এবং এর ফলে অ্যামাইনো মূলককে সংরক্ষিত করা যায়।

$$\underset{\text{প্যারাটলুইডিন}}{CH_3C_6H_4NH_2} \xrightarrow{Ac_2O} \underset{\text{অ্যাসিটাইল জাতক}}{CH_3C_6H_4NHAc} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{N অ্যাসিটাইল প্যারা অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{HOOCC_6H_4NHAc} \xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষন}} \underset{\text{প্যারা অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিড (P.A.B.)}}{HOOCC_6H_4NH_2}$$

প্যারাটলুইডিন থেকে P.A.B. প্রস্তুত করা যায়, যা ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ফেনিলিন ডাই অ্যামিন সমূহ, $C_6H_4(NH_2)_2$: ডাই অ্যামাইনো বেনজিনকে ফেনিলিন ডাই অ্যামিন বলে। অর্থো, মেটা এবং প্যারা ফেনিলিন অ্যামিন পাওয়া যায়। নাইট্রো অ্যানিলিন বা ডাইনাইট্রো বেনজিনকে বিজারিত করে ফেনিলিন ডাই অ্যামিনগুলি প্রস্তুত করা হয়।

অর্থো ফেনিলিন ডাই অ্যামিন : জিঙ্ক চূর্ণ ও কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ দিয়ে অর্থোনাইট্রো অ্যানিলিনকে বিজারিত করে অর্থো ফেনিলিন ডাই অ্যামিন প্রস্তুত করা হয়।

$$C_6H_4(NH_2)(NO_2) + 3Zn + H_2O \xrightarrow{NaOH} C_6H_4(NH_2)_2 + 3ZnO$$

অর্থো ফেনিলিন ডাই অ্যামিন সাদা কেলাসাকার কঠিন, গলনাঙ্ক 103°C।

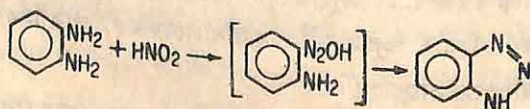
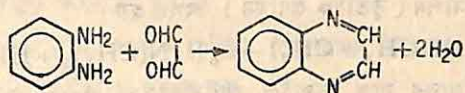
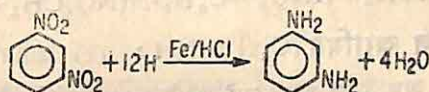
অর্থো ফেনিলিন ডাই অ্যামিন যৌগে দুটি অ্যামাইনো মূলক পাশাপাশি থাকে বলে এটি নাইট্রাস অ্যাসিড, গ্লাইঅকজাল ইত্যাদি যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হেটারোসাইক্লিক যৌগ উৎপন্ন করে।

$$C_6H_4(NH_2)_2 + HNO_2 \longrightarrow \left[C_6H_4(N_2OH)(NH_2)\right] \longrightarrow \underset{\text{বেনজট্রাইয়াজোল}}{C_6H_4N_3H}$$

গ্লাইঅকজালের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কুইনোক্জালিন উৎপন্ন হয়।

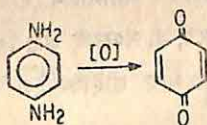
$$C_6H_4(NH_2)_2 + OHC{-}CHO \rightarrow C_6H_4N_2(CH)_2 + 2H_2O$$

মেটা ফেনিলিন ডাই অ্যামিন ঃ

$$C_6H_4(NO_2)_2 + 12H \xrightarrow{Fe/HCl} C_6H_4(NH_2)_2 + 4H_2O$$

সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 63°C।

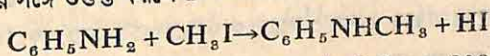
নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিসমার্ক ব্রাউন নামে অ্যাজো রঞ্জন বস্তু উৎপন্ন হয়।

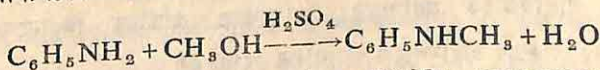
প্যারা ফেনিলিন ডাই অ্যামিন ঃ প্যারা নাইট্রো অ্যানিলিনকে বিজারিত করে প্রস্তুত করা হয়। এটি সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 147°C। শক্তিশালী জারক পদার্থ ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে প্যারা বেনজোকুইনোন পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(NH_2)_2 \xrightarrow{[O]} C_6H_4O_2$$

রঞ্জন বস্তু প্রস্তুতিতে প্যারা ফেনিলিন ডাই অ্যামিন ব্যবহৃত হয়।

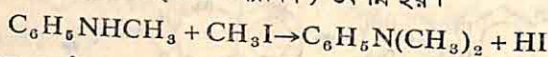
অ্যারোম্যাটিক দ্বিতীয় ও তৃতীয়ক অ্যামিন

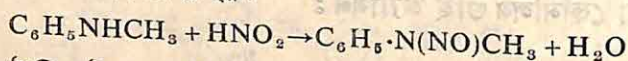
N-মিথাইল অ্যানিলিন, $C_6H_5NHCH_3$: (1) অ্যানিলিনকে মিথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে N মিথাইল অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

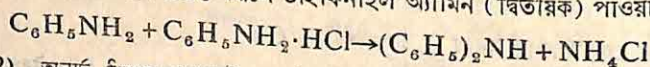
$$C_6H_5NH_2 + CH_3I \rightarrow C_6H_5NHCH_3 + HI$$

(2) উচ্চ চাপে সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে 230°C-এ মিথানলের সঙ্গে অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় মিথাইল অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।

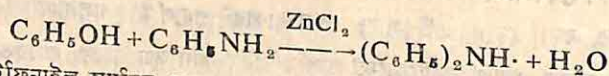
$$C_6H_5NH_2 + CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NHCH_3 + H_2O$$

মিথাইল অ্যানিলিন বর্ণহীন তরল, স্ফুটনাঙ্ক 196°C। জলে অদ্রাব্য। কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। ইলেকট্রন বিকর্ষী মিথাইল মূলক নাইট্রোজেনে যুক্ত থাকে বলে N-মিথাইল অ্যানিলিন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যানিলিনের থেকে অধিকতর সক্রিয়। এবং এটি অ্যালিফ্যাটিক দ্বিতীয়ক অ্যামিনের ন্যায় রাসায়নিক বিক্রিয়া করে।

মিথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথাইল অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় N : N ডাই মিথাইল অ্যানিলিন (তৃতীয়ক অ্যামিন) উৎপন্ন হয়।

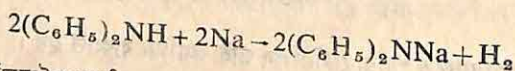
$$C_6H_5NHCH_3 + CH_3I \rightarrow C_6H_5N(CH_3)_2 + HI$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে মিথাইল অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় N মিথাইল N নাইট্রোসো অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।

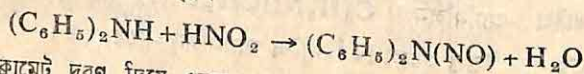
$$C_6H_5NHCH_3 + HNO_2 \rightarrow C_6H_5 \cdot N(NO)CH_3 + H_2O$$

ডাইফিনাইল অ্যামিন $(C_6H_5)_2NH$ **:** (1) অ্যানিলিনকে অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ডাইফিনাইল অ্যামিন (দ্বিতীয়ক) পাওয়া যায়।

$$C_6H_5NH_2 + C_6H_5NH_2 \cdot HCl \rightarrow (C_6H_5)_2NH + NH_4Cl$$

(2) অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফিনলের সঙ্গে অ্যানিলিনকে উত্তপ্ত করলে ডাইফিনাইল অ্যামিন পাওয়া যায়।

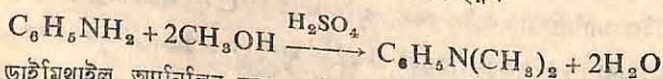
$$C_6H_5OH + C_6H_5NH_2 \xrightarrow{ZnCl_2} (C_6H_5)_2NH \cdot + H_2O$$

ডাইফিনাইল অ্যামিন সুন্দর গন্ধযুক্ত বর্ণহীন কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 53°C । জলে অদ্রাব্য। জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। অ্যানিলিন থেকে মৃদু ক্ষারধর্মী পদার্থ। খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে, যা সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে যায়।

সোডিয়াম বা সোডামাইডের সঙ্গে ডাইফিনাইল অ্যামিনের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম লবণ উৎপন্ন হয়।

$$2(C_6H_5)_2NH + 2Na \rightarrow 2(C_6H_5)_2NNa + H_2$$

(2) ডাইফিনাইল অ্যামিনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় N নাইট্রোসো ডাইফিনাইল অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

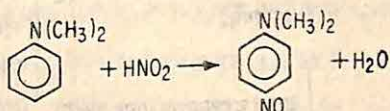
$$(C_6H_5)_2NH + HNO_2 \rightarrow (C_6H_5)_2N(NO) + H_2O$$

ডাইক্রোমেট দ্রবণ দিয়ে ফেরাস আয়নকে টাইট্রেশানে নির্দেশক হিসেবে ডাই-ফিনাইল অ্যামিন ব্যবহৃত হয়।

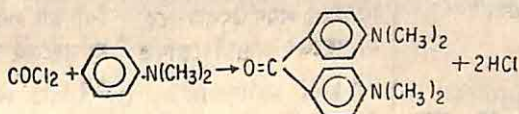
N : N **ডাইমিথাইল অ্যানিলিন,** $C_6H_5N(CH_3)_2$ **:** 230°C-এ এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অতিরিক্ত মিথানলের সঙ্গে অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় ডাইমিথাইল অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5NH_2 + 2CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5N(CH_3)_2 + 2H_2O$$

ডাইমিথাইল অ্যানিলিন হলুদ বর্ণের তরল, স্ফুটনাঙ্ক 194°C। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। মিথাইল অ্যানিলিনের থেকে ডাইমিথাইল অ্যানিলিন

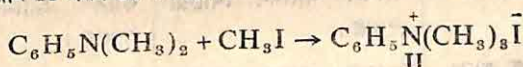
অধিকতর ক্ষারধর্মী পদার্থ। ডাইমিথাইল অ্যানিলিন তৃতীয়ক অ্যামিন এবং এটির ধর্ম অ্যালিফ্যাটিক তৃতীয়ক অ্যামিনের মত।

ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্যারা নাইট্রোসো N : N ডাইমিথাইল অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।

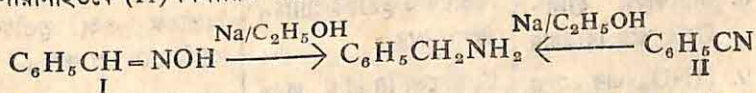
$$C_6H_5N(CH_3)_2 + HNO_2 \rightarrow p\text{-}ON\text{-}C_6H_4N(CH_3)_2 + H_2O$$

কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় মিস্‌লার কিটোন (Michler ketone) (I) উৎপন্ন হয়।

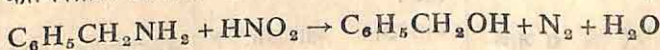
$$COCl_2 + C_6H_5N(CH_3)_2 \rightarrow O{=}C[C_6H_4N(CH_3)_2]_2 + 2HCl$$

1

অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় চতুর্থক অ্যামোনিয়াম II লবণ উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5N(CH_3)_2 + CH_3I \rightarrow \underset{II}{C_6H_5\overset{+}{N}(CH_3)_3\bar{I}}$$

পার্শ্ব শৃংখলে অ্যামাইনো মূলক যুক্ত অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন

বেনজাইল অ্যামিন, ফিনাইল প্রতিস্থাপিত মিথাইল অ্যামিন, $C_6H_5CH_2NH_2$: সোডিয়াম ইথানল দিয়ে বেনজ্যালডক্সিম (I) বা ফিনাইল সায়ানাইডকে (II) বিজারিত করলে বেনজাইল অ্যামিন পাওয়া যায়।

$$\underset{I}{C_6H_5CH{=}NOH} \xrightarrow{Na/C_2H_5OH} C_6H_5CH_2NH_2 \xleftarrow{Na/C_2H_5OH} \underset{II}{C_6H_5CN}$$

বেনজাইল অ্যামিন বর্ণহীন তরল, স্ফুটনাঙ্ক 184·5°C। জলে, কোহল ইথারে দ্রাব্য। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিনের মত আচরণ করে। যেমন নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের মত ডায়াজো যৌগ না দিয়ে অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের মত কোহল দেয় এবং নাইট্রোজেন মুক্ত হয়।

$$C_6H_5CH_2NH_2 + HNO_2 \rightarrow C_6H_5CH_2OH + N_2 + H_2O$$

পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দিয়ে বেনজাইল অ্যামিনকে জারিত করলে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

অ্যারোম্যাটিক ও অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের তুলনা

	অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন	অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিন
1. ভৌত ধর্ম	বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল বা কঠিন এবং মৃদু ক্ষারধর্মী।	অ্যামোনিয়ার ন্যায় গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাসীয় বা তরল পদার্থ এবং অপেক্ষাকৃত বেশি ক্ষারধর্মী।
2. দ্রাব্যতা	জলে স্বল্প দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ প্রশম হয়।	জলে অধিক পরিমাণে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়।
3. খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া	খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে, যা সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।	খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে, যা সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।
4. Na, K-এর সঙ্গে বিক্রিয়া	Na বা K-এর সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ধাতব যৌগ উৎপন্ন হয়।	অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনও ধাতব যৌগ উৎপন্ন করে।
5. কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া	কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া দেখায়।	কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া দেখায়।
6. অ্যারোম্যাটিক অ্যাল-ডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায়	শিফের ক্ষারক উৎপন্ন করে।	শিফের ক্ষারক উৎপন্ন করে।
7. CH_3COCl - এর সঙ্গে বিক্রিয়ায়	অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করে।	অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করে।
8. অ্যালকাইল হ্যালা-ইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায়	দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক অ্যামিন উৎপন্ন করে।	দ্বিতীয়ক এবং তৃতীয়ক অ্যামিন উৎপন্ন করে।
9. HNO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায়	ডায়াজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন হয়; যা ফিনলের ক্ষারীয় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সুন্দর লাল রঙের অ্যাজো-রঞ্জন বস্তু উৎপন্ন করে।	ডায়াজো লবণ উৎপন্ন করে না। কিন্তু কোহল উৎপন্ন হয় এবং N_2 মুক্ত হয়।
10. নাইট্রেশান ও সাল-ফোনেশান বিক্রিয়া	অ্যামিনের অ্যারোম্যাটিক চক্রে নাইট্রেশান ও সালফো-নেশান বিক্রিয়া হয়।	নাইট্রেশান ও সালফোনেশান বিক্রিয়া করে না।

প্রশ্নাবলী

1. অ্যারোমেটিক অ্যামিন কাদের বলে ? কত প্রকার অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন হয় ? উদাহরণ দাও।

2. অ্যারোম্যাটিক ও অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের তুলনা কর।

3. রসায়নাগারে অ্যানিলিন কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ?

4. বেনজিন থেকে কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগগুলি সংশ্লেষণ করা হয় ? (i) অ্যানিলিন (ii) অ্যাসিট্যানিলাইড (iii) o, m, p নাইট্রো অ্যানিলিন (iv) $C_6H_5 \cdot CH_2NH_2$ (v) ফিনাইল আইসোসায়ানাইড (vi) সালফানিলিক অ্যাসিড (vii) প্যারা অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিড, (viii) $C_6H_5NMe_2$ (ix) p-$BrC_6H_4NH_2$.

5. টীকা লেখ : (i) কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া (ii) অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের থেকে অ্যানিলিনের ক্ষারকীয়তা অনেক কম (iii) ডায়াজো বিক্রিয়া (iv) নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে পৃথক পৃথকভাবে অ্যানিলিন ও মিথাইল অ্যানিলিনের বিক্রিয়া।

৩১

ডায়াজোনিয়াম যৌগসমূহ
Diazonium Compounds

অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সর্বক্ষেত্রে নাইট্রোজেন গ্যাস মুক্ত হয় এবং অ্যামিনের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে সমাবয়বী কোহল হবে না অলিফিন যৌগ হবে। কিন্তু শীতল অবস্থায় অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন গ্যাস মুক্ত হয় না, কিন্তু অ্যারোম্যাটিক ডায়াজোনিয়াম (Diazonium) [di মানে দুই, azo মানে নাইট্রোজেন] লবণ Ar N : NX [$X = Cl'$, Br', HSO_4', BF_4'] উৎপন্ন হয়। এই অ্যারোম্যাটিক ডায়াজোনিয়াম লবণটি জলীয় দ্রবণে দ্রাব্য অবস্থায় থাকে এবং এই যৌগটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় যৌগ, কারণ ডায়াজো যৌগ থেকে নানারকম বিক্রিয়ায় ভিন্ন ভিন্ন ধরনের নানারকম অ্যারোম্যাটিক যৌগ সংশ্লেষণ করা যায়। 1858 খ্রীস্টাব্দে এই প্রয়োজনীয় অ্যারোম্যাটিক ডায়াজোনিয়াম যৌগটি আবিষ্কার করেন গ্রীস (Griess)।

যে বিক্রিয়ার সাহায্যে আরোম্যাটিক অ্যামিন থেকে ডায়াজোনিয়াম (বা সংক্ষেপে ডায়াজো) লবণ উৎপন্ন হয়, তাকে ডায়াজোটাইজেশান (Diazotisation) বিক্রিয়া বলে এবং $—N_2X$ মূলকটিকে ডায়াজোনিয়াম মূলক বলে।

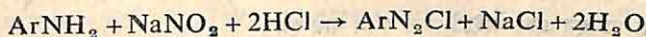
নামকরণ ঃ এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণে মূল হাইড্রোকার্বনটির নাম করার পর ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড, ব্রোমাইড, সালফেট, ফ্লুয়োবোরেট ইত্যাদি যোগ করে করা হয়। যেমন

$C_6H_5.N=NCl$ বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড বা ডায়াজো বেনজিন ক্লোরাইড

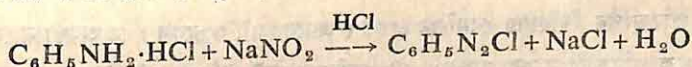
$CH_3C_6H_4N_2HSO_4$ প্যারা টলুইন ডায়াজোনিয়াম সালফেট

$CH_3C_6H_4N_2BF_4$ মেটা টলুইন ডায়াজোনিয়াম ফ্লুয়োবোরেট।

প্রস্তুতি ঃ অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন ও অজৈব অ্যাসিডের বরফ শীতল (0-5°C) মিশ্রণে সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে অ্যারোম্যাটিক ডায়াজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম নাইট্রাইট মিশ্রিত দ্রবণটি যখন স্টার্চ

$$ArNH_2 + NaNO_2 + 2HCl \rightarrow ArN_2Cl + NaCl + 2H_2O$$

আয়োডাইড কাগজকে নীল করবে, তখন নাইট্রাইট দ্রবণ যোগ করা বন্ধ করা হয়। কারণ এতে বোঝা যায় যে, মিশ্র দ্রবণটিতে অতিরিক্ত মুক্ত নাইট্রাস অ্যাসিড বর্তমান।

বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতি ঃ অ্যানিলিনকে বিকারে নিয়ে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয়। ঐ দ্রবণটিকে হিমমিশ্রর উপর রেখে 0°-5°C-এ ঠাণ্ডা করা হয়। ঐ শীতল দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণ যোগ করে নাড়া হয়। যখন এই মিশ্র দ্রবণের এক ফোঁটা স্টার্চ আয়োডাইড কাগজকে নীল করবে তখন সোডিয়াম নাইট্রাইট যোগ বন্ধ করা হয়। এ সময়ে দ্রবণটির বর্ণ হাল্কা হলুদ রঙের হয়। এইভাবে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়, যা উক্ত দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে থাকে।

$$C_6H_5NH_2{\cdot}HCl + NaNO_2 \xrightarrow{HCl} C_6H_5N_2Cl + NaCl + H_2O$$

কঠিন ডায়াজোনিয়াম লবণ প্রস্তুতি ঃ অ্যানিলিনের কোহল দ্রবণে অ্যামাইল নাইট্রাইট যোগ করে হিমমিশ্রটিকে 0°-5°C-এ ঠাণ্ডা করা হয় এবং ঐ শীতল মিশ্রণে শীতল ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। এতে দ্রবণ থেকে ডায়াজোনিয়াম সালফেট লবণটি কেলাসিত হয়ে পৃথক হয়ে পড়ে।

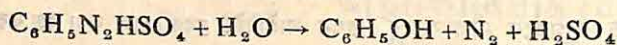
বেশিরভাগ কঠিন ডায়াজো লবণগুলি বিস্ফোরক পদার্থ। তাই সাধারণত কঠিন অবস্থায় এদের প্রস্তুত করা হয় না এবং তাছাড়া রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক ডায়াজো লবণগুলির জলীয় দ্রবণ ব্যবহৃত হয়।

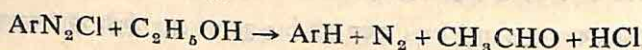
ধর্ম ঃ বেশিরভাগ অজৈব অ্যাসিডের ডায়াজো লবণগুলি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ, জলে অত্যন্ত দ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে অদ্রবণীয়। অনেক ডায়াজো লবণই কঠিন অবস্থায় বিস্ফোরক পদার্থ। রঞ্জন পদার্থ ও ওষুধ এবং নানারকম জৈবপদার্থ সংশ্লেষণে অ্যারোম্যাটিক ডায়াজো যৌগগুলি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় পদার্থ।

রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ অ্যারোম্যাটিক ডায়াজো যৌগগুলির বিক্রিয়াকে দুটি ভাগে ভাগ করা যায়—(i) একযোজী মূলক দিয়ে ডায়াজোনিয়াম মূলকটিকে ($—N_2X$) প্রতিস্থাপন (ii) ডায়াজোনিয়াম মূলকের নাইট্রোজেন পরমাণু দুটি নিউক্লিয়াসে ধরে রাখা।

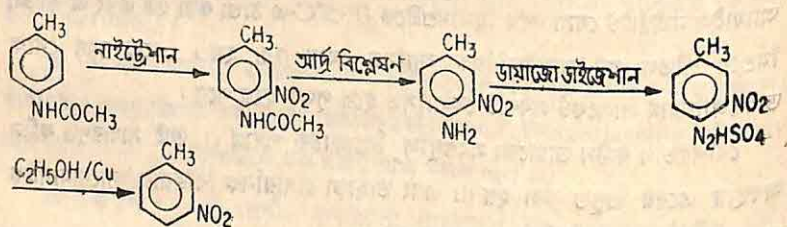
ডায়াজোনিয়াম মূলকের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াসমূহ

(1) **হাইড্রক্সিল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপন :** ডায়াজো লবণের জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত বা বাষ্পপাতন করলে ডায়াজো মূলকটি হাইড্রক্সিল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস বার হয়।

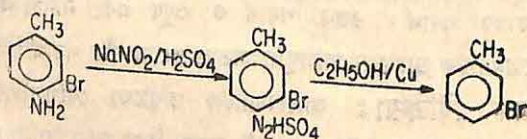
$$C_6H_5N_2HSO_4 + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + N_2 + H_2SO_4$$

(2) **হাইড্রোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপন :** কপার চূর্ণের উপস্থিতিতে ডায়াজোনিয়াম লবণকে ইথানল দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডায়াজো মূলকটি হাইড্রোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে এবং কোহল ইথানল জারিত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

$$ArN_2Cl + C_2H_5OH \rightarrow ArH + N_2 + CH_3CHO + HCl$$

কিউপ্রাস লবণের উপস্থিতিতে ডায়াজোনিয়াম লবণকে হাইপোফসফরাসের [$H_2P(O)OH$] সঙ্গে (উত্তপ্ত করলে) বিক্রিয়ায় ডায়াজো মূলকটি সহজেই হাইড্রোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়।

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেনজিন চক্রের (অ্যারোম্যাটিক চক্রের) যে অবস্থানে কোন মূলককে প্রতিস্থাপিত করা যায় না, এই পদ্ধতিতে সেই ঈপ্সিত যৌগটিকে প্রস্তুত করা সম্ভব। যেমন

CH_3 / $NHCOCH_3$ —নাইট্রেশান→ CH_3 / NO_2 / $NHCOCH_3$ —আর্দ্র বিশ্লেষন→ CH_3 / NO_2 / NH_2 —ডায়াজো ডাইজেশান→ CH_3 / NO_2 / N_2HSO_4 —C_2H_5OH/Cu→ CH_3 / NO_2

টলুইনকে সরাসরি নাইট্রেশানে নাইট্রোমূলক মেটা অবস্থানে স্থান নিতে পারে না।

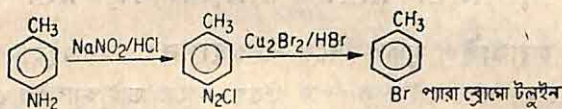
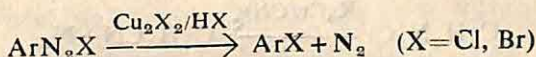
মেটা ব্রোমো টলুইন

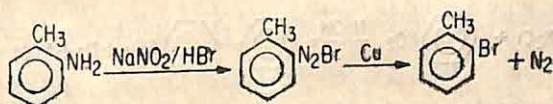
CH_3 / Br / NH_2 —$NaNO_2/H_2SO_4$→ CH_3 / Br / N_2HSO_4 —C_2H_5OH/Cu→ CH_3 / Br

এই বিক্রিয়া করে অ্যারোম্যাটিক চক্র থেকে প্রাথমিক অ্যামাইনো মূলক বা নাইট্রো মূলককে হাইড্রোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়।

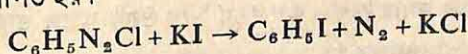
(3) হ্যালোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপনঃ স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়া, হ্যালোজেনিক অ্যাসিড ও কিউপ্রাস হ্যালাইড মিশ্রণে ডায়াজোনিয়াম লবণের দ্রবণ যোগ করলে, ডায়াজো মূলকটি হ্যালোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস মুক্ত হয়। এই বিক্রিয়াটিকে স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়া বলে। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে সাধারণত ডায়াজো মূলকটিকে ক্লোরিন অথবা ব্রোমিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা হয়।

$$ArN_2X \xrightarrow{Cu_2X_2/HX} ArX + N_2 \quad (X = Cl, Br)$$

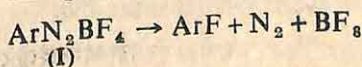
$$CH_3C_6H_4NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HCl} CH_3C_6H_4N_2Cl \xrightarrow{Cu_2Br_2/HBr} CH_3C_6H_4Br$$

প্যারা ব্রোমো টলুইন

গ্যাটারম্যান বিক্রিয়া (Gattermann reaction): স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত কিউপ্রাস হ্যালাইড ও হ্যালোজেনিক অ্যাসিডের পরিবর্তে গ্যাটার-ম্যান ডায়াজোনিয়াম লবণকে শুধুমাত্র কপার চূর্ণের সঙ্গে উত্তপ্ত (ফুটিয়ে) করে ডায়াজো মূলকটিকে হ্যালোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করেন, এক্ষেত্রেও নাইট্রোজেন গ্যাস মুক্ত হয়।

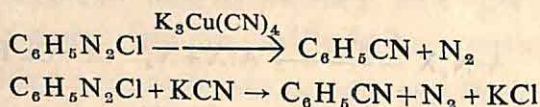
$$CH_3C_6H_4NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HBr} CH_3C_6H_4N_2Br \xrightarrow{Cu} CH_3C_6H_4Br + N_2$$

আয়োডো যৌগ প্রস্তুতিঃ ডায়াজোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণকে পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে ফোটালে ডায়াজো মূলকটি আয়োডিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

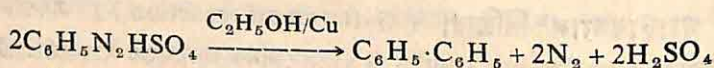
$$C_6H_5N_2Cl + KI \rightarrow C_6H_5I + N_2 + KCl$$

ফ্লোরো যৌগ প্রস্তুতিঃ ডায়াজোনিয়াম লবণের দ্রবণে ফ্লুয়োবোরিক অ্যাসিড যোগ করলে অদ্রাব্য ডায়াজোনিয়াম ফ্লুয়োবোরেট (I) লবণ উৎপন্ন হয়, যাকে উত্তপ্ত করলে অ্যারাইল ফ্লোরাইড (ArF) উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটিকে শীইম্যান বিক্রিয়া (Schiemann reaction) বলে।

$$ArN_2Cl + HBF_4 \rightarrow ArN_2BF_4 + HCl$$

$$\underset{(I)}{ArN_2BF_4} \rightarrow ArF + N_2 + BF_3$$

(4) **সায়ানোমুলক দিয়ে প্রতিস্থাপন ঃ** ডায়াজোনিয়াম লবণের দ্রবণকে পটাশিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত কিউপ্রাস সায়ানাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডায়াজো মূলকটি সায়ানাইড মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়ার মত। কিংবা কপার চূর্ণের উপস্থিতিতে ডায়াজোনিয়াম লবণের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় ডায়াজো মূলকটি সায়ানাইড মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় (গ্যাটারম্যান বিক্রিয়ার মত)।

$$C_6H_5N_2Cl \xrightarrow{K_3Cu(CN)_4} C_6H_5CN + N_2$$

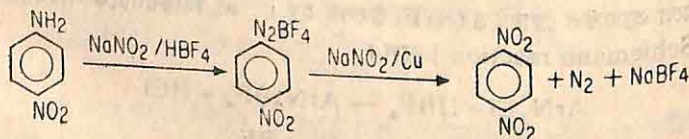
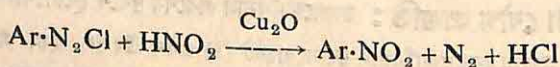
$$C_6H_5N_2Cl + KCN \rightarrow C_6H_5CN + N_2 + KCl$$

(5) **অ্যারাইল মুলক দিয়ে প্রতিস্থাপন ঃ** কপার চূর্ণের উপস্থিতিতে ডায়াজোনিয়াম লবণকে ইথানল দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডাই অ্যারাইল যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন

$$2C_6H_5N_2HSO_4 \xrightarrow{C_2H_5OH/Cu} C_6H_5 \cdot C_6H_5 + 2N_2 + 2H_2SO_4$$

কস্টিক সোডার উপস্থিতিতে অ্যারোম্যাটিক যৌগের সঙ্গে ডায়াজোনিয়াম যৌগের বিক্রিয়ায় বাই-অ্যারাইল যৌগ উৎপন্ন করা যায়। এই বিক্রিয়াটিকে গোমবার্গ বিক্রিয়া (Gomberg reaction) বলে।

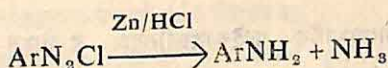
$$C_6H_5N_2Cl + C_6H_5NO_2 \xrightarrow{NaOH} C_6H_5\text{–}C_6H_4NO_2 + N_2 + NaCl + H_2O$$

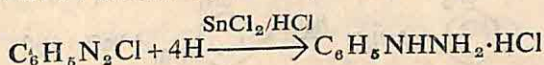
(6) **নাইট্রো মুলক দিয়ে প্রতিস্থাপন ঃ** কিউপ্রাস অক্সাইডের উপস্থিতিতে ডায়াজোনিয়াম লবণের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ডায়াজো মূলকটি নাইট্রো মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। কিংবা ডায়াজোনিয়াম ফ্লুয়োবোরেটকে সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণ ও কপার চূর্ণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডায়াজো মূলকটি নাইট্রো মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

$$Ar \cdot N_2Cl + HNO_2 \xrightarrow{Cu_2O} Ar \cdot NO_2 + N_2 + HCl$$

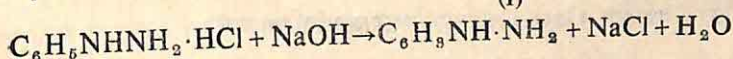
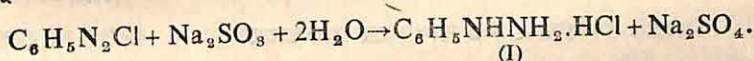
$$p\text{-}NO_2C_6H_4NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HBF_4} p\text{-}NO_2C_6H_4N_2BF_4 \xrightarrow{NaNO_2/Cu} p\text{-}C_6H_4(NO_2)_2 + N_2 + NaBF_4$$

প্যারা ডাইনাইট্রোবেনজিন

যে সকল বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন গ্যাস মুক্ত হয় না : (1) **বিজারণ :** ডায়াজোনিয়াম লবণকে জিঙ্ক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চচাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে বিজারিত করলে অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন পাওয়া যায়।

$$ArN_2Cl \xrightarrow{Zn/HCl} ArNH_2 + NH_3$$

কিন্তু সোডিয়াম সালফাইড বা স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন দিয়ে ডায়াজোনিয়াম লবণকে বিজারিত করলে ফিনাইল হাইড্রাজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5N_2Cl + 4H \xrightarrow{SnCl_2/HCl} C_6H_5NHNH_2 \cdot HCl$$

ফিনাইল হাইড্রাজিন, $C_6H_5NHNH_2$ **:** 60°-70°C-এ বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণকে সোডিয়াম সালফাইট দিয়ে বিজারিত করলে ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড (I) উৎপন্ন হয়। অতিরিক্ত সালফাইটকে 100°C-এ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে ভেঙ্গে দেওয়া হয় এবং ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইডে কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করে ফিনাইল হাইড্রাজিন যৌগটিকে মুক্ত করা হয়।

$$C_6H_5N_2Cl + Na_2SO_3 + 2H_2O \rightarrow \underset{(I)}{C_6H_5NHNH_2.HCl} + Na_2SO_4.$$

$$C_6H_5NHNH_2 \cdot HCl + NaOH \rightarrow C_6H_5NH \cdot NH_2 + NaCl + H_2O$$

ফিনাইল হাইড্রাজিন হলুদ রঙের তেলের মত তরল। স্ফুটনাঙ্ক 243·4°C, উত্তপ্ত অবস্থায় জলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। কার্বনিল মূলককে সনাক্তকরণে এবং শর্করা থেকে ওসাজোন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(2) **সংযোজন বিক্রিয়া** (Coupling reaction) **:** ফিনল, ন্যাপথল এবং অ্যারোম্যাটিক অ্যামিনের সঙ্গে সংযোজন বিক্রিয়ায় ডায়াজোনিয়াম লবণ উজ্জ্বল রঙের অ্যাজো যৌগ উৎপন্ন করে।

(i) ক্ষারীয় দ্রবণে শীতল অবস্থায় বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড ফিনলের সঙ্গে সংযোজন বিক্রিয়ায় প্যারা হাইড্রক্সি অ্যাজোবেনজিন (I) উৎপন্ন করে এবং অ্যাসিড মাধ্যমে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় প্যারা ডাইমিথাইল অ্যামাইনো অ্যাজো বেনজিন (II) উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5N{=}N\text{-}C_6H_4\text{-}OH\ (I) \xleftarrow{C_6H_5OH/NaOH} C_6H_5N_2Cl \xrightarrow{C_6H_5NMe_2/H^+} C_6H_5N{=}N\text{-}C_6H_4\text{-}NMe_2\ (II)$$

সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যারোম্যাটিক ডাইঅ্যাজোনিয়াম ক্যাটায়ন ফিনল বা অ্যামিনের প্যারা অবস্থানে প্রতিস্থাপিত হয়। কিন্তু প্যারা অবস্থানটি কোন মূলক দিয়ে অবরুদ্ধ থাকলে ক্যাটায়নটি অর্থো অবস্থানটিতে প্রতিস্থাপিত হয়।

$$CH_3C_6H_4OH + ArN_2Cl \xrightarrow{NaOH} CH_3C_6H_3(N_2Ar)OH + NaCl + H_2O$$

অতিরিক্ত ডায়াজোনিয়াম লবণ ব্যবহারে বিসঅ্যাজো (Bisazo) (II) এবং ট্রিসঅ্যাজো (trisazo) (III) যৌগ উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5OH \xrightarrow{ArN_2Cl} \underset{I}{HOC_6H_4N_2Ar} \xrightarrow{ArN_2Cl} \underset{II}{HOC_6H_3(N_2Ar)_2} \xrightarrow{ArN_2Cl} \underset{III}{HOC_6H_2(N_2Ar)_3}$$

ক্ষারের উপস্থিতিতে α ও β ন্যাপথলের সঙ্গে ডায়াজোনিয়াম লবণের সংযোজন বিক্রিয়ায় যথাক্রমে 4 এবং 1 অবস্থানে সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে।

$$C_{10}H_7OH\ (\alpha) \xrightarrow{PhN_2Cl/NaOH} 4\text{-}PhN_2\text{-}C_{10}H_6OH$$

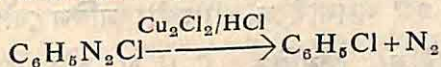
$$C_{10}H_7OH\ (\beta) + ArN_2Cl \xrightarrow{NaOH} 1\text{-}ArN_2\text{-}C_{10}H_6OH + NaCl + H_2O$$

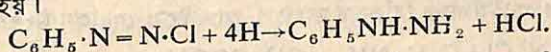
ডায়াজোনিয়াম লবণের গঠনঃ (1) বিশ্লেষণ এবং আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণের গঠন $C_6H_5N_2X$, যেখানে $X=Cl'$, Br' ; HSO'_4 ইত্যাদি।

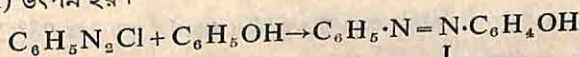
(2) ডায়াজোনিয়াম লবণের আবিষ্কর্তা গ্রীস মনে করেছিলেন যে, এই লবণটি বেনজিনের দ্বিপ্রতিস্থাপিত যৌগ এবং এর গঠন দেন $C_6H_4N{=}N{<}^{H}_{Cl}$ ।

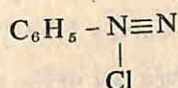
(3) কেকুলে বিভিন্ন বিক্রিয়া দেখে বলেন যে, বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণের গঠন $C_6H_5-N=N-X$ হবে। অর্থাৎ এক প্রতিস্থাপিত যৌগ। কারণ (i) অ্যানিলিনের টেট্রাব্রোমো সালফোনিক অ্যাসিড যৌগটি (অ্যানিলিন যৌগটির অ্যারোম্যাটিক চক্রের পাঁচ হাইড্রোজেনই প্রতিস্থাপিত হয়ে আছে) ডায়াজো-টাইজেশান বিক্রিয়ায় ডায়াজো যৌগ উৎপন্ন হয়।

(ii) অ্যানিলিন থেকে উৎপন্ন বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণকে স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়ায় একপ্রতিস্থাপিত হ্যালো বেনজিন উৎপন্ন হয়।

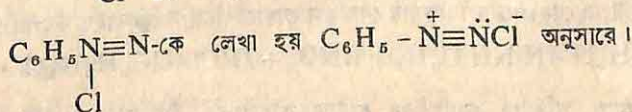
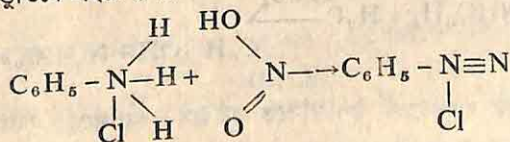
$$C_6H_5N_2Cl \xrightarrow{Cu_2Cl_2/HCl} C_6H_5Cl + N_2$$

(ii) বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে বিজারণে ফিনাইল হাইড্রাজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5 \cdot N=N \cdot Cl + 4H \rightarrow C_6H_5NH \cdot NH_2 + HCl.$$

(iii) ক্ষারীয় দ্রবণে ফিনলের সঙ্গে ডায়াজোনিয়াম লবণের বিক্রিয়ায় অ্যাজো যৌগ (I) উৎপন্ন হয়।

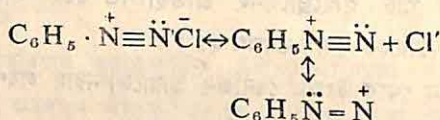
$$C_6H_5N_2Cl + C_6H_5OH \rightarrow \underset{\text{I}}{C_6H_5 \cdot N=N \cdot C_6H_4OH}$$

ব্লমস্ট্রানডের (Blomstrand) গঠন : অ্যামোনিয়াম লবণের সঙ্গে ডায়াজোনিয়াম লবণের অনেক সাদৃশ্য থাকায় (যেমন উভয়েই জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, উভয়েই প্রশমিত লবণ হওয়া সত্ত্বেও উভয়েরই ক্ষারকীয় ধর্ম বর্তমান, উভয়েই দ্রবণে আয়নিত অবস্থায় বর্তমান থাকে ইত্যাদি) অ্যামোনিয়াম লবণের নাইট্রোজেনের মত পাঁচ যোজ্যতা বিশিষ্ট একটি নাইট্রোজেন ডায়াজোনিয়াম লবণে বর্তমান। এবং এই মত এর গঠন হবে,

$$C_6H_5-\underset{\underset{Cl}{|}}{N}\equiv N$$

অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ডায়াজোনিয়াম লবণের প্রস্তুতিকে সহজেই ব্যাখ্যা করতে পারে।

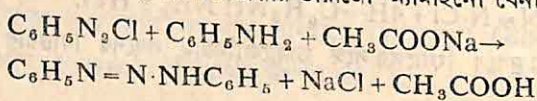
$$C_6H_5-\underset{Cl\ \ H}{\overset{H}{N}}-H + \underset{O}{\overset{HO}{N}} \longrightarrow C_6H_5-\underset{\underset{Cl}{|}}{N}\equiv N$$

$C_6H_5\underset{\underset{Cl}{|}}{N}\equiv N$-কে লেখা হয় $C_6H_5-\overset{+}{N}\equiv\ddot{N}\bar{C}l$ অনুসারে।

ডায়াজোনিয়াম লবণ যে তড়িৎবিশ্লেষণ পদার্থ এবং এটি খুব একটা স্থায়ী যৌগ নয় তা ব্লমস্ট্রানডের গঠন দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায়।

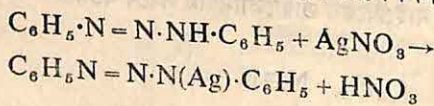
বর্তমানে ডায়াজো লবণের গঠন সংস্পন্দনশীল গঠন দিয়ে ব্যাখ্যা করা হয়।

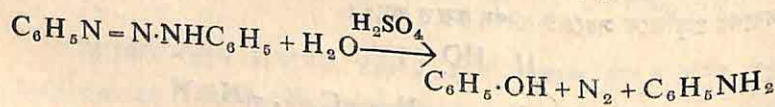
$$C_6H_5\cdot\overset{+}{N}\equiv\ddot{N}\bar{Cl}\leftrightarrow C_6H_5\overset{+}{N}\equiv\ddot{N}+Cl'$$
$$\updownarrow$$
$$C_6H_5\ddot{N}=\overset{+}{N}$$

ডায়াজো অ্যামাইনো এবং অ্যামাইনো অ্যাজোবেনজিন যৌগসমূহ

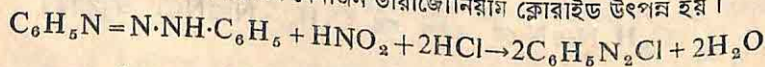
ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিন, $C_6H_5N=N\cdot NHC_6H_5$: সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে, মৃদু আম্লিক দ্রবণে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5N_2Cl+C_6H_5NH_2+CH_3COONa\rightarrow$$
$$C_6H_5N=N\cdot NHC_6H_5+NaCl+CH_3COOH$$

ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিন হলুদ রঙের কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 98°C। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যালকোহলে দ্রাব্য।

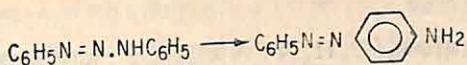
ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। অর্থাৎ এটির ক্ষারকীয় ধর্ম খুবই কম। অ্যামাইনো মূলকে অবস্থিত হাইড্রোজেনটি আম্লিক হওয়ায় এটি ধাতব লবণ উৎপন্ন করে। যেমন ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিনের কোহল দ্রবণে সিলভার নাইট্রেটের কোহল দ্রবণ যোগ করলে সিলভার লবণটি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$C_6H_5\cdot N=N\cdot NH\cdot C_6H_5+AgNO_3\rightarrow$$
$$C_6H_5N=N\cdot N(Ag)\cdot C_6H_5+HNO_3$$

ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিনকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে ফোটালে নাইট্রোজেন গ্যাস মুক্ত হয় এবং ফিনল ও অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়

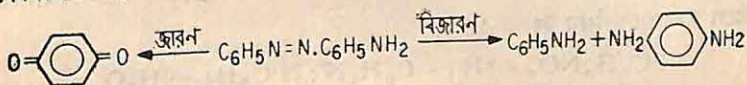
$$C_6H_5N=N\cdot NHC_6H_5+H_2O\xrightarrow{H_2SO_4}C_6H_5\cdot OH+N_2+C_6H_5NH_2$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিনের বিক্রিয়ায় বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

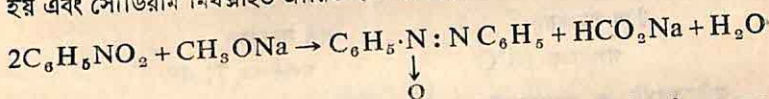
$$C_6H_5N=N\cdot NH\cdot C_6H_5+HNO_2+2HCl\rightarrow 2C_6H_5N_2Cl+2H_2O$$

অল্প পরিমাণ অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডের উপস্থিতিতে 30°—40°C-এ

ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিনকে উত্তপ্ত করলে আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় প্যারা অ্যামাইনো অ্যাজোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5N=N.NHC_6H_5 \longrightarrow C_6H_5N=N\text{-}C_6H_4\text{-}NH_2$$

প্যারা অ্যামাইনো অ্যাজোবেনজিন হলুদ রঙের কঠিন, গলনাঙ্ক 126-7°C। জলে গরম অবস্থায় স্বল্প দ্রাব্য মাত্র।

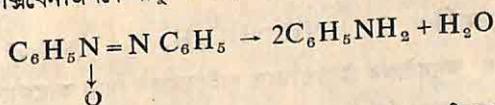
প্যারা অ্যামাইনো অ্যাজোবেনজিনকে বিজারিত করলে অ্যানিলিন ও প্যারা ফেনিলিন ডাইঅ্যামিন পাওয়া যায় এবং জারণে প্যারা বেনজোকুইনোন পাওয়া যায়।

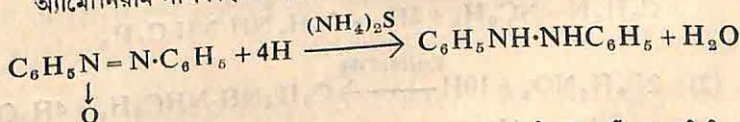
$$O=C_6H_4=O \xleftarrow{\text{জারণ}} C_6H_5N=N.C_6H_5NH_2 \xrightarrow{\text{বিজারণ}} C_6H_5NH_2+NH_2\text{-}C_6H_4\text{-}NH_2$$

অ্যাজক্সিবেনজিন, $C_6H_5\cdot\overset{\overset{O}{\uparrow}}{N}=N\cdot C_6H_5$: সোডিয়াম মিথক্সাইডের মিথানল দ্রবণ দিয়ে নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করলে অ্যাজক্সিবেনজিন উৎপন্ন হয় এবং সোডিয়াম মিথক্সাইড জারিত হয়ে ফরমেটে পরিণত হয়।

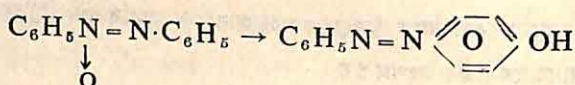
$$2C_6H_5NO_2+CH_3ONa \rightarrow C_6H_5\cdot\underset{\underset{O}{\downarrow}}{N}:NC_6H_5+HCO_2Na+H_2O$$

সোডিয়াম আর্সেনাইটের ক্ষারীয় দ্রবণ দিয়ে নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করেও সহজে অ্যাজক্সিবেনজিন প্রস্তুত করা যায়।

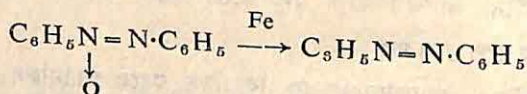
অ্যাজক্সিবেনজিন হলুদ রঙের কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 36°C। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহল ইথারে দ্রাব্য।

অ্যাজক্সিবেনজিনকে ধাতু ও অ্যাসিড দিয়ে বিজারণে অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

$$C_6H_5\underset{\underset{O}{\downarrow}}{N}=NC_6H_5 \rightarrow 2C_6H_5NH_2+H_2O$$

অ্যামোনিয়াম সালফাইড দিয়ে বিজারণে হাইড্রাজোবেনজিন পাওয়া যায়।

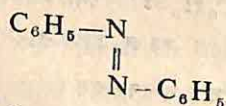
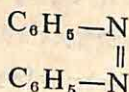
$$C_6H_5\underset{\underset{O}{\downarrow}}{N}=N\cdot C_6H_5+4H \xrightarrow{(NH_4)_2S} C_6H_5NH\cdot NHC_6H_5+H_2O$$

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করলে আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় 4 হাইড্রক্সি অ্যাজোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5\underset{\underset{O}{\downarrow}}{N}=N\cdot C_6H_5 \rightarrow C_6H_5N=N-C_6H_4-OH$$

অ্যাজোবেনজিন, $C_6H_5N:NC_6H_5$: অ্যাজক্সিবেনজিনকে লোহা চূর্ণ দ্বারা বিজারণে অ্যাজোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

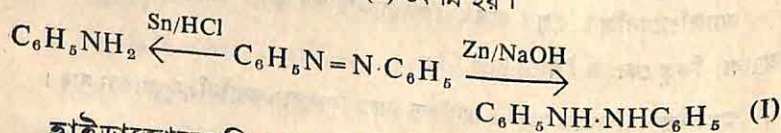
$$C_6H_5\underset{\underset{O}{\downarrow}}{N}=N\cdot C_6H_5 \xrightarrow{Fe} C_6H_5N=N\cdot C_6H_5$$

জিঙ্ক চূর্ণ ও কস্টিক সোডার কোহল দ্রবণ দিয়ে নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করলে অ্যাজোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$2C_6H_5NO_2+8H \rightarrow C_6H_5N:NC_6H_5+4H_2O$$

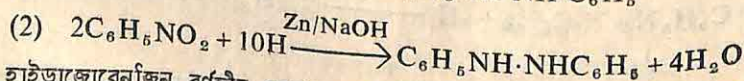
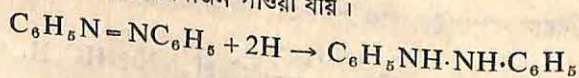
অ্যাজোবেনজিন কমলা লাল রঙের কেলাসাকার কঠিন। দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{c} C_6H_5-N \\ \| \\ N-C_6H_5 \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_6H_5-N \\ \| \\ C_6H_5-N \end{array}$$

ট্রান্স সমাবয়ব, গলনাঙ্ক 68°C — সিস সমাবয়ব, গলনাঙ্ক 71·4°

ডাইক্রোমেট বা পারঅক্সাইড দিয়ে জারণে অ্যাজক্সিবেনজিন পাওয়া যায়। টিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারণে অ্যানিলিন এবং জিঙ্ক চূর্ণ ও কস্টিক ক্ষার দ্রবণ দিয়ে বিজারণে হাইড্রাজোবেনজিন (I) উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5NH_2 \xleftarrow{Sn/HCl} C_6H_5N=N\cdot C_6H_5 \xrightarrow{Zn/NaOH} C_6H_5NH\cdot NHC_6H_5 \quad (I)$$

হাইড্রাজোবেনজিন, $C_6H_5NH\cdot NHC_6H_5$: (1) জিঙ্ক চূর্ণ ও কস্টিক ক্ষার দ্রবণ দিয়ে বা অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দিয়ে অ্যাজোবেনজিনকে বিজারিত করলে হাইড্রাজোবেনজিন পাওয়া যায়।

$$C_6H_5N=NC_6H_5+2H \rightarrow C_6H_5NH\cdot NH\cdot C_6H_5$$

(2) $$2C_6H_5NO_2+10H \xrightarrow{Zn/NaOH} C_6H_5NH\cdot NHC_6H_5+4H_2O$$

হাইড্রাজোবেনজিন বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 131°C। জলে খুবই কম দ্রাব্য। ইথারে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহলে অল্প দ্রাব্য। বায়ুর অক্সিজেন দিয়ে

জারিত হয়ে অ্যাজক্সিবেনজিনে পরিণত হয়। স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারণে অ্যানিলিনে পরিণত হয়।

জলীয় বা কোহলযুক্ত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করলে হাইড্রাজোবেনজিন আণবিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়ায় অর্থো বা প্যারা বেনজিডিন অথবা সেমিডিন কিংবা ডাইফিনাইলিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে বেনজিডিন সেমিডিন রূপান্তর (Benzidine semidine transformation) বলে।

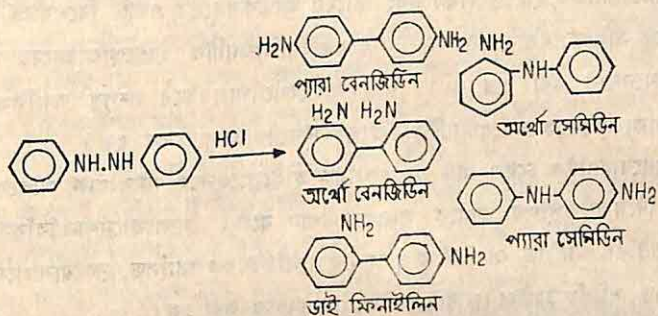
C_6H_5NH.NHC_6H_5 —HCl→

H_2N–C_6H_4–C_6H_4–NH_2 প্যারা বেনজিডিন

H_2N H_2N (biphenyl) অর্থো বেনজিডিন

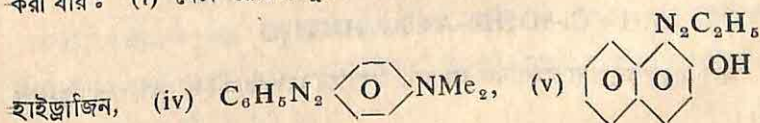
NH_2 (biphenyl) NH_2 ডাই ফিনাইলিন

NH_2 –NH– অর্থো সেমিডিন

–NH–NH_2 প্যারা সেমিডিন

প্রশ্নাবলী

1. ডায়াজোটাইজেশান বিক্রিয়া কাকে বলে? অ্যারোম্যাটিক ডায়াজো লবণের N_2X মূলকের পরিবর্তে কিভাবে নিম্নলিখিত মূলক বা পরমাণু প্রতিস্থাপিত করা যায় (i) H, (ii) Br, (iii) I, (iv) F, (v) CN, (vi) NO_2 (vii) OH, (viii) অ্যারাইল ?

2. টীকা লেখ: (i) ডায়াজোটাইজেশান বিক্রিয়া (ii) সংযোজন বিক্রিয়া (iii) স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়া (iv) গোমবার্গ বিক্রিয়া (v) গ্যাটারম্যান বিক্রিয়া।

3. বেনজিন অথবা টলুইন থেকে নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে সংশ্লেষণ করা যায়: (i) মেটা ব্রোমোটলুইন (ii) ফিনাইল সায়ানাইড (iii) ফিনাইল হাইড্রাজিন, (iv) $C_6H_5N_2$–C_6H_4–NMe_2, (v) $N_2C_2H_5$, OH (naphthalene) (vi) ডায়াজো অ্যামাইনো বেনজিন, (vii) অ্যাজোবেনজিন।

৩২

অ্যারোম্যাটিক সালফোনিক অ্যাসিড
Aromatic Sulphonic Acids

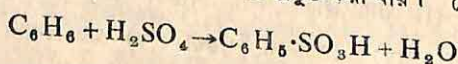
অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বন এবং তাদের জাতকসমূহের একটি বিশেষ ধর্ম হলো এদেরকে সালফোনেশান করা যায়। সম্পৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বনদের সহজে সালফোনেশান করা যায় না। আর সালফোনেশান করে সম্পৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন থেকে অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনদের আলাদা করা হয়।

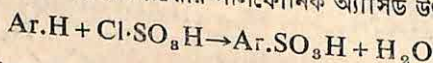
অ্যারোম্যাটিক চক্রের এক বা একাধিক হাইড্রোজেনকে সমসংখ্যক সালফোনিক মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপন করাকে সালফোনেশান বলে। সালফোনেশান বিক্রিয়ায় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, ওলিয়াম বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিড, সালফিউরাইল ক্লোরাইড ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

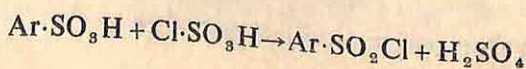
অর্থোপ্যারা নির্দেশক মূলক অ্যারোম্যাটিক চক্রে থাকলে সালফোনেশান করা সহজ হয়। কিন্তু মেটা নির্দেশক মূলক থাকলে ব্যাপারটা একটু কঠিন হয়। অর্থোপ্যারা নির্দেশক মূলক থাকলে অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় অর্থো সমাবয়বটি বেশি পরিমাণে এবং বেশি তাপমাত্রায় প্যারা সমাবয়বটি বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

সালফোনেশান বিক্রিয়ার ক্রিয়াবিধি ইলেকট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় আলোচনা করা আছে।

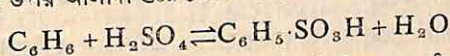
প্রস্তুতি ঃ (1) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের বিক্রিয়ায় সালফোনিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। যেমন ঃ

$$C_6H_6 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5 \cdot SO_3H + H_2O$$

(2) কার্বন টেট্রাক্লোরাইড মাধ্যমে অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$Ar.H + Cl \cdot SO_3H \rightarrow Ar.SO_3H + H_2O$$

অতিরিক্ত ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিড ব্যবহারে সালফোনাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Ar \cdot SO_3H + Cl \cdot SO_3H \rightarrow Ar \cdot SO_2Cl + H_2SO_4$$

(3) অ্যারোম্যাটিক যৌগে মেটা নির্দেশক মূলক থাকলে, সেইসব যৌগদের ক্ষেত্রে সালফোনেশান বিক্রিয়া করাতে হলে ওলিয়াম ব্যবহার করা হয় অথবা পিরিডিন কিংবা ডাইঅক্সানের (Dioxan) উপস্থিতিতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

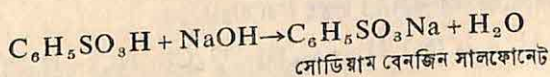
বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড, $C_6H_5SO_3H$: প্রস্তুতি : গোলতল ফ্লাস্কে একভাগ বেনজিন ও দুভাগ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড নেওয়া হয় এবং ফ্লাস্কটির মুখে একটি শীতক লাগিয়ে বালিখোলার উপর 80°C-এ উত্তপ্ত করা হয় এবং মাঝে মাঝে মিশ্রণটিকে ঝাঁকান হয়। যখন বেনজিন প্রায় সমস্তটা সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে যাবে, তখন মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করে জলে ঢালা হয়। এতে অবিকৃত বেনজিন দ্রবণের উপর আলাদা স্তরে ভেসে উঠবে এবং এটিকে পৃথক করে ফেলা হয়।

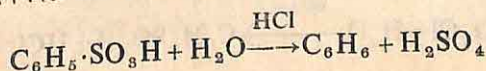
$$C_6H_6 + H_2SO_4 \rightleftharpoons C_6H_5 \cdot SO_3H + H_2O$$

এর পর ঐ দ্রবণে বেরিয়াম কার্বনেট যোগ করে অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডকে বেরিয়াম সালফেট হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। আর বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড বেরিয়াম লবণে পরিবর্তিত হয়ে দ্রাব্য অবস্থায় থাকে। পরিস্রাবণ করে বেরিয়াম সালফেটকে আলাদা করে, দ্রবণটিতে প্রয়োজন মত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করে বেরিয়াম লবণ থেকে সালফোনিক অ্যাসিডকে পুনরায় মুক্ত করা হয় এবং উৎপন্ন অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটকে পরিস্রাবণ করে সরিয়ে ফেলে দ্রবণটিকে গাঢ় করলে বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।

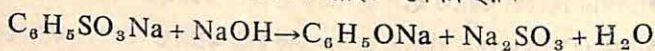
ধর্ম : বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 44°C। এটি উদগ্রাহী (Deliquescent) পদার্থ। জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। এই অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম, বেরিয়াম লেড লবণগুলি জলে দ্রাব্য।

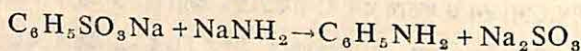
বিক্রিয়া : যে কোন সালফোনিক অ্যাসিড নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি দেখাবে।

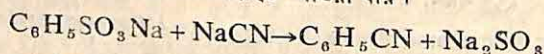
(1) বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে।

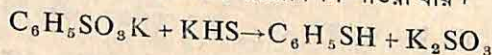
$$C_6H_5SO_3H + NaOH \rightarrow \underset{\text{সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেট}}{C_6H_5SO_3Na} + H_2O$$

(2) উচ্চচাপে এবং লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডকে 150°—200°C-এ উত্তপ্ত করলে সালফোনিক মূলকটি হাইড্রোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

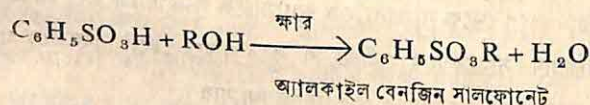
$$C_6H_5 \cdot SO_3H + H_2O \xrightarrow{HCl} C_6H_6 + H_2SO_4$$

(3) সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেটকে কস্টিক সোডা (কঠিন) মিশিয়ে উত্তপ্ত করে গলিয়ে ফেললে সোডিয়াম ফিনক্সাইড উৎপন্ন হয়।

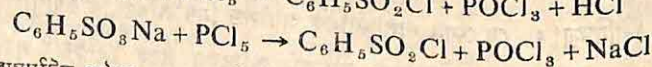
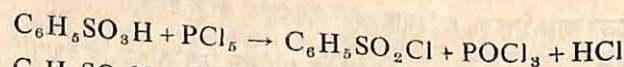
$$C_6H_5SO_3Na + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + Na_2SO_3 + H_2O$$

(4) সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেটকে সোডামাইড মিশিয়ে উত্তপ্ত করে গলিয়ে ফেললে অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

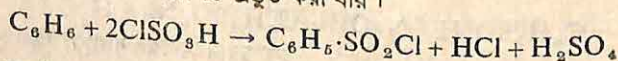
$$C_6H_5SO_3Na + NaNH_2 \rightarrow C_6H_5NH_2 + Na_2SO_3$$

(5) সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেটকে সোডিয়াম সায়ানাইড মিশিয়ে উত্তপ্ত করে গলিয়ে ফেললে ফিনাইল সায়ানাইড পাওয়া যায়।

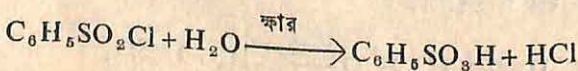
$$C_6H_5SO_3Na + NaCN \rightarrow C_6H_5CN + Na_2SO_3$$

(6) পটাশিয়াম বেনজিন সালফোনেটকে পটাশিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইড মিশিয়ে উত্তপ্ত করে গলিয়ে ফেললে থায়োফিনল পাওয়া যায়।

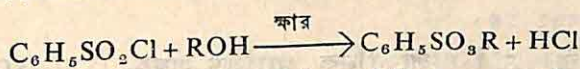
$$C_6H_5SO_3K + KHS \rightarrow C_6H_5SH + K_2SO_3$$

(7) ক্ষারের উপস্থিতিতে কোহলের সঙ্গে বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফোনিক অ্যাসিডের এস্টার উৎপন্ন হয়।

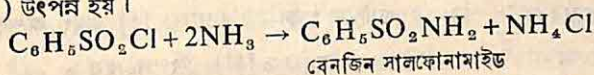
$$C_6H_5SO_3H + ROH \xrightarrow{\text{ক্ষার}} \underset{\text{অ্যালকাইল বেনজিন সালফোনেট}}{C_6H_5SO_3R} + H_2O$$

(8) সালফোনিক অ্যাসিড বা এর সোডিয়াম লবণ ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বক্সিল অ্যাসিডের মত অ্যাসিড ক্লোরাইড (সালফোনাইল ক্লোরাইড) উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5SO_3H + PCl_5 \rightarrow C_6H_5SO_2Cl + POCl_3 + HCl$$
$$C_6H_5SO_3Na + PCl_5 \rightarrow C_6H_5SO_2Cl + POCl_3 + NaCl$$

অ্যারোম্যাটিক যৌগের সঙ্গে অতিরিক্ত ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সহজে ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

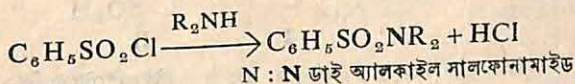
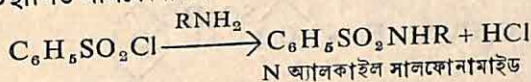
$$C_6H_6 + 2ClSO_3H \rightarrow C_6H_5 \cdot SO_2Cl + HCl + H_2SO_4$$

সালফোনাইল ক্লোরাইড জলের সঙ্গে খুব ধীরে ধীরে বিক্রিয়ায় সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, ক্ষারের উপস্থিতিতে এই বিক্রিয়াটি (আর্দ্র বিশ্লেষণ) তাড়াতাড়ি হয়।

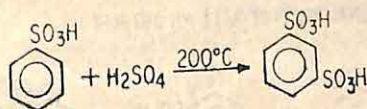
$$C_6H_5SO_2Cl + H_2O \xrightarrow{\text{ক্ষার}} C_6H_5SO_3H + HCl$$

ক্ষারের উপস্থিতিতে কোহলের সঙ্গে সালফোনাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় সহজেই অ্যালকাইল বেনজিন সালফোনেট (এস্টার) উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5SO_2Cl + ROH \xrightarrow{\text{ক্ষার}} C_6H_5SO_3R + HCl$$

অ্যামোনিয়ার সঙ্গে সালফোনাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়া সালফোনামাইড (অ্যাসিড অ্যামাইড) উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5SO_2Cl + 2NH_3 \rightarrow \underset{\text{বেনজিন সালফোনামাইড}}{C_6H_5SO_2NH_2} + NH_4Cl$$

প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে সালফোনাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় N প্রতিস্থাপিত সালফোনামাইড উৎপন্ন হয়।

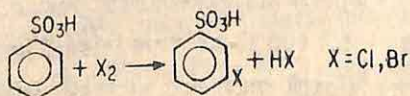
$$C_6H_5SO_2Cl \xrightarrow{RNH_2} \underset{\text{N অ্যালকাইল সালফোনামাইড}}{C_6H_5SO_2NHR} + HCl$$

$$C_6H_5SO_2Cl \xrightarrow{R_2NH} \underset{\text{N : N ডাই অ্যালকাইল সালফোনামাইড}}{C_6H_5SO_2NR_2} + HCl$$

অ্যারোম্যাটিক সালফোনিক অ্যাসিডের অ্যারোম্যাটিক চক্রের বিক্রিয়া ঃ 200°C-এ বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় মেটা ডাই-সালফোনিক অ্যাসিড এবং অল্প প্যারা ডাই-সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

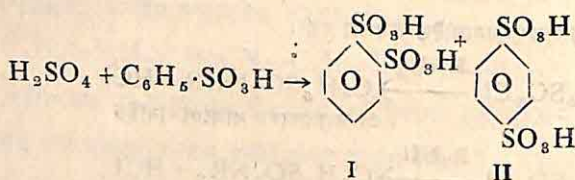
$$C_6H_5SO_3H + H_2SO_4 \xrightarrow{200°C} C_6H_4(SO_3H)_2$$

2. বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডের সঙ্গে গাঢ় নাইট্রিক ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় মেটা নাইট্রো সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

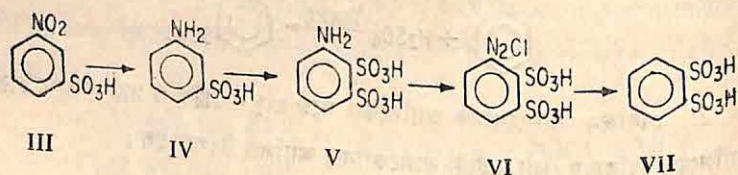
$$C_6H_5SO_3H \xrightarrow{\text{নাইট্রেশান}} C_6H_4(SO_3H)(NO_2)$$

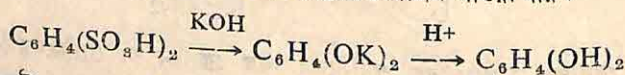
3. বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় মেটা হ্যালো সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

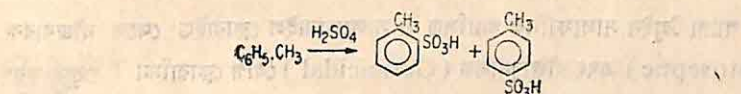
$$C_6H_5SO_3H + X_2 \rightarrow C_6H_4(SO_3H)X + HX \quad X = Cl, Br$$

ব্যবহার : রঞ্জন বস্তু, ঔষধ, অ্যারোম্যাটিক অ্যামিন, থায়োল, সায়ানাইড, সালফোনামাইড, নাইট্রোফিনল ইত্যাদি যৌগকে সংশ্লেষণে ও প্রস্তুতিতে সালফোনিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

বেনজিন ডাই-সালফোনিক অ্যাসিড সমূহ, $C_6H_4(SO_3H)_2$ **:** অতিরিক্ত ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড 200°C-এ বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মেটা বেনজিন ডাই-সালফোনিক অ্যাসিড [I] এবং অল্প পরিমাণে প্যারা বেনজিন ডাই-সালফোনিক অ্যাসিড [II] উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে প্যারা সমাবয়বের পরিমাণ কিছুটা বাড়ানো যায়।

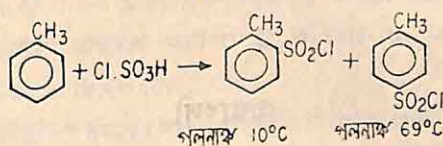
$$H_2SO_4 + C_6H_5 \cdot SO_3H \rightarrow C_6H_4(SO_3H)_2 \text{ (I, meta)} + C_6H_4(SO_3H)_2 \text{ (II, para)}$$

বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডকে নাইট্রেশান করলে মেটা নাইট্রোবেনজিন III পাওয়া যায়। যাকে বিজারিত করলে মেটা অ্যামাইনো বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড IV উৎপন্ন হয়। আর একে সালফোনেশান করলে 2, 3 ডাই-সালফোনিক অ্যাসিড অ্যানিলিন V পাওয়া যায়। এই যৌগকে ডায়াজোটাইজেশান করার পর ডায়াজোনিয়াম যৌগ VI থেকে ডায়াজোনিয়াম মূলককে হাইড্রোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে অর্থো ডাই-সালফোনিক অ্যাসিড VII পাওয়া যায়।

$$\underset{III}{C_6H_4(NO_2)(SO_3H)} \rightarrow \underset{IV}{C_6H_4(NH_2)(SO_3H)} \rightarrow \underset{V}{C_6H_3(NH_2)(SO_3H)_2} \rightarrow \underset{VI}{C_6H_3(N_2Cl)(SO_3H)_2} \rightarrow \underset{VII}{C_6H_4(SO_3H)_2}$$

ডাই-সালফোনিক বেনজিনকে কস্টিক সোডা মিশিয়ে গলিয়ে ফেললে যে যৌগ পাওয়া যায় তাকে আম্লিক করলে ডাই-হাইড্রক্সি বেনজিন পাওয়া যায়।

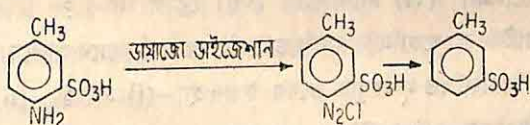
$$C_6H_4(SO_3H)_2 \xrightarrow{KOH} C_6H_4(OK)_2 \xrightarrow{H+} C_6H_4(OH)_2$$

টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড সমূহ, $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_3H$ **:** ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে টলুইনকে সালফোনেশান করলে অর্থো এবং প্যারা সালফোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। তবে 100°C-এর তলায় বিক্রিয়াটি করলে অর্থো সমাবয়বটি এবং 100°C-এর উপর বিক্রিয়াটি করালে প্যারা সমাবয়বটির পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

$$C_6H_5.CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_4(CH_3)SO_3H \text{ (অর্থো)} + C_6H_4(CH_3)SO_3H \text{ (প্যারা)}$$

কম তাপমাত্রায় ক্লোরো সালফোনিক অ্যাসিডের সঙ্গে টলুইনের বিক্রিয়ায় অর্থো টলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড বেশি পাওয়া যায় এবং প্যারা যৌগটি খুবই কম পাওয়া যায়। এই সালফোনাইল ক্লোরাইড সমাবয়ব দুটিকে সাধারণ তাপমাত্রায় পরিস্রাবণ করে আলাদা করে ক্ষার দিয়ে ফুটিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে সালফোনিক অ্যাসিডের লবণ পাওয়া যায়। যাকে আম্লিক করলে টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

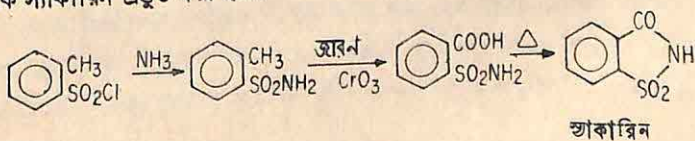
$$C_6H_5CH_3 + Cl.SO_3H \longrightarrow C_6H_4(CH_3)SO_2Cl \text{ (অর্থো)} + C_6H_4(CH_3)SO_2Cl \text{ (প্যারা)}$$

গলনাঙ্ক 10°C   গলনাঙ্ক 69°C

সাধারণ তাপমাত্রায় অর্থো টলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড তেলের মত তরল পদার্থ। কিন্তু প্যারা সমবয়বটি কঠিন পদার্থ।

প্যারা টলুইডিন মেটা সালফোনিক অ্যাসিডকে ডায়াজোটাইজেশান করার পর ডায়াজো মূলকে হাইড্রোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে মেটা টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

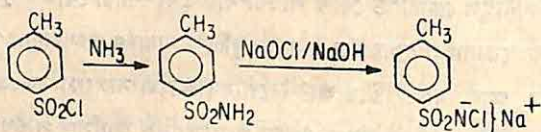
$$C_6H_3(CH_3)(SO_3H)(NH_2) \xrightarrow{\text{ডায়াজো টাইজেশান}} C_6H_3(CH_3)(SO_3H)(N_2Cl) \longrightarrow C_6H_4(CH_3)SO_3H$$

অর্থো ও প্যারা টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড কেলাসাকার কঠিন, গলনাঙ্ক যথাক্রমে 67·5°C এবং 106°C। মেটা সমাবয়বটি তেলের মত তরল।

অর্থো টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড অথবা অর্থো টলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড থেকে স্যাকারিন প্রস্তুত করা হয়।

$$C_6H_4(CH_3)SO_2Cl \xrightarrow{NH_3} C_6H_4(CH_3)SO_2NH_2 \xrightarrow[CrO_3]{\text{জারণ}} C_6H_4(COOH)SO_2NH_2 \xrightarrow{\Delta} C_6H_4\langle{}^{CO}_{SO_2}\rangle NH$$

স্যাকারিন

অর্থো সালফোবেনজোয়িক অ্যাসিডের ইমাইডকে স্যাকারিন বলে। স্যাকারিন সাধারণ জলে অদ্রাব্য, কেলাসাকার কঠিন। চিনির থেকে বহুগুণ মিষ্টি। এটির সোডিয়াম লবণ জলে দ্রাব্য। বহুমূত্র রোগীদের চিনির বদলে স্যাকারিন দেওয়া হয়।

প্যারা টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড বা সালফোনাইল ক্লোরাইড থেকে বীজবারক (Antiseptic) এবং বীজাণুনাশক (Germicidal) যৌগ ক্লোরামিন T প্রস্তুত করা হয়। ক্লোরামিন T হলো প্যারা টলুইন N-ক্লোরো সালফোনামাইডের সোডিয়াম লবণ।

$$CH_3C_6H_4SO_2Cl \xrightarrow{NH_3} CH_3C_6H_4SO_2NH_2 \xrightarrow{NaOCl/NaOH} CH_3C_6H_4SO_2\bar{N}Cl\}Na^+$$

প্রশ্নাবলী

1. সালফোনেশান বিক্রিয়া কাকে বলে? কয়েকটি সালফোনেশান বিকারকের নাম লেখ। ক্রিয়াবিধি সহ সালফোনেশান বিক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।
2. বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড অথবা টলুইন সালফোনিক অ্যাসিড থেকে নিম্নলিখিত যৌগ কিভাবে সংশ্লেষণ করা হয়—(i) বেনজিন সালফোনামাইড, (ii) ফিনল, (iii) অ্যালকাইল বেনজিন সালফোনেট, (iv) পিকরিক অ্যাসিড, (v) রিসরসিনল (vi) স্যাকারিন, (vii) ক্লোরামিন T?
3. অ্যারোম্যাটিক সালফোনিক অ্যাসিড যৌগ থেকে কিভাবে সালফোনিক মূলকের পরিবর্তে নিম্নলিখিত মূলকগুলি প্রবেশ করান হয়—(i) নাইট্রো, (ii) অ্যামাইনো (iii) হাইড্রক্সিল, (iv) CN?

৩৩

অ্যারোম্যাটিক হাইড্রক্সি যৌগসমূহ
Aromatic Hydroxy Compounds

ফিনল ও অ্যারোম্যাটিক কোহল ঃ হাইড্রক্সিল মূলক সরাসরি অ্যারোম্যাটিক চক্রে যুক্ত থাকলে সেই সব যৌগদের ফিনল (Phenol) বলে। আর হাইড্রক্সিল মূলক অ্যারোম্যাটিক চক্রের পার্শ্বশৃঙ্খলে যুক্ত থাকলে তাদের অ্যারোম্যাটিক কোহল বলে। যেমন কার্বলিক অ্যাসিড C_6H_5OH-কে ফিনল বলে এবং $C_6H_5CH_2OH$-কে বেনজাইল কোহল বলে।

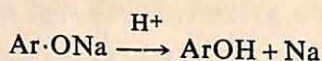
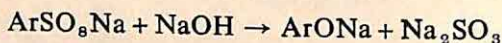
ফিনল ঃ হাইড্রক্সিল মূলকের সংখ্যা অনুসারে ফিনলকে শ্রেণী বিভাগ করা হয়। যেমন—মনোহাইড্রিক, ডাইহাইড্রিক এবং ট্রাইহাইড্রিক বা পলি (বহু) হাইড্রিক ফিনলে যথাক্রমে এক, দুই ও তিন (বহু)টি হাইড্রক্সিল মূলক অ্যারোম্যাটিক চক্রে সরাসরি যুক্ত থাকে।

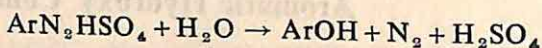
মনোহাইড্রিক ফিনল ঃ প্রস্তুতি ঃ (1) আলকাতরায় একাধিক ফিনল বর্তমান এবং এটি ফিনলের প্রধান উৎস।

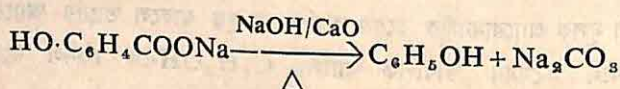
আলকাতরার আংশিক পাতনে প্রাপ্ত মধ্যম তেল অংশে ন্যাপথ্যালিনের সঙ্গে মনোহাইড্রিক ফিনলও থাকে। এই তেলকে ঠাণ্ডা করলে ন্যাপথ্যালিন কেলাসিত হয়ে পড়ে এবং পরিস্রাবণ করে ন্যাপথ্যালিনকে আলাদা করে তরল পদার্থকে কস্টিক সোডায় দ্রবীভূত করা হয়। পরে ঐ দ্রবণকে ফোটানো হয় এবং দ্রবণের মধ্যে বাতাস পরিচালিত করে অবশিষ্ট ন্যাপথ্যালিন এবং পিরিডিনকে অপসারিত করা হয়। এর পর ঐ তরলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করলে দ্রাব্য ফিনক্সাইড (কস্টিক সোডা ও ফিনলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন) ভেঙ্গে গিয়ে ফিনল ও সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে এবং এই জলীয় দ্রবণকে অপসারিত করলে অশোধিত ফিনল পাওয়া যায়। যাকে আংশিক পাতনে ফিনল (কার্বলিক অ্যাসিড) 182°C-এ, ক্রেসলগুলি 190—204°C-এ, জাইলেনলগুলি 215°—225°C-এ পাতিত হয়।

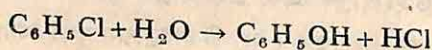
(2) অ্যারোম্যাটিক সালফোনিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে কস্টিক সোডা (কঠিন) মিশিয়ে উত্তপ্ত করে গলিয়ে ফেললে সোডিয়াম ফিনক্সাইড পাওযা য়ায়, যাকে আম্লিক করলে ফিনল পাওয়া যায়।

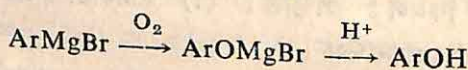
$$ArSO_3Na + NaOH \rightarrow ArONa + Na_2SO_3$$

$$Ar{\cdot}ONa \xrightarrow{H^+} ArOH + Na$$

(3) অ্যারোম্যাটিক ডায়াজোনিয়াম সালফেট যৌগকে বাষ্প পাতনে ফিনল পাওয়া যায়।

$$ArN_2HSO_4 + H_2O \rightarrow ArOH + N_2 + H_2SO_4$$

(4) ফিনলিক অ্যাসিডকে সোডালাইম মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে ডিকার্বক্সিলেশান দ্বারা ফিনল পাওয়া যায়।

$$HO{\cdot}C_6H_4COONa \xrightarrow[\triangle]{NaOH/CaO} C_6H_5OH + Na_2CO_3$$

(5) অ্যারোম্যাটিক ক্লোরো যৌগ এবং বিশেষ করে সক্রিয় ক্লোরো যৌগদের আর্দ্র বিশ্লেষণে ফিনল পাওয়া যায়।

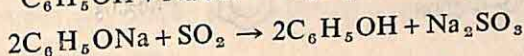
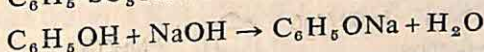
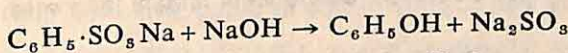
$$C_6H_5Cl + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + HCl$$

(6) গ্রিগনার্ড বিকারক থেকে ফিনল প্রস্তুত করা যায়।

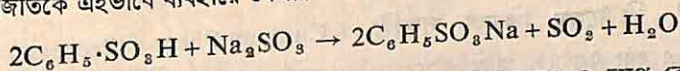
$$ArMgBr \xrightarrow{O_2} ArOMgBr \xrightarrow{H^+} ArOH$$

ফিনল, কার্বলিক অ্যাসিড বা হাইড্রক্সি বেনজিন, C_6H_5OH : যদিও ফিনল বলতে একটি বিশেষ শ্রেণীর যৌগসমূহকে বোঝায়, তবুও মনোহাইড্রক্সি বেনজিনকে সাধারণত ফিনল বলা হয়ে থাকে। এই হাইড্রক্সি বেনজিন অত্যন্ত ক্ষয়কর (Corrosive) পদার্থ এবং নীল লীটমাসকে লাল করে বলে একে কার্বলিক অ্যাসিড বলা হয়, যদিও এতে কোন কার্বক্সিল মূলক নেই।

যে কোন সাধারণ পদ্ধতি দিয়ে ফিনলকে প্রস্তুত করা যায়। আলকাতরা থেকে ফিনলের বাণিজ্যিক উৎপাদন হয়ে থাকে। আলকাতরা থেকে উৎপাদিত ফিনল আমাদের মোট চাহিদা মেটাতে পারে না বলে অন্যান্যভাবে ফিনল প্রস্তুত করা হয়ে থাকে। যেমন—

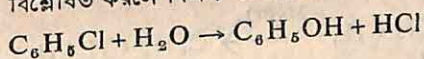
(i) **বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড থেকে :** বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড বা তার লবণকে ক্ষারের সঙ্গে মিশিয়ে উত্তাপে গলিয়ে ফেললে সোডিয়াম ফিনক্সাইড ও সোডিয়াম সালফাইট উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম ফিনক্সাইডের মধ্যে কার্বন

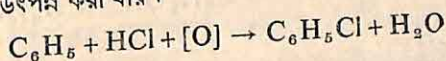
ডাই-অক্সাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করে আম্লিক করলে ফিনল মুক্ত হয়।

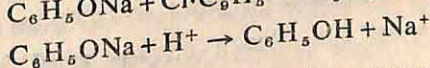
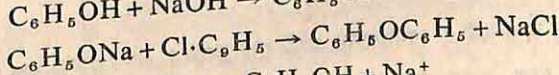
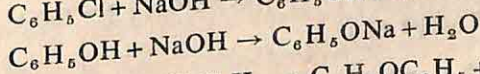
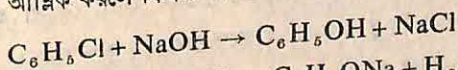
$$C_6H_5 \cdot SO_3Na + NaOH \rightarrow C_6H_5OH + Na_2SO_3$$
$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$$
$$2C_6H_5ONa + SO_2 \rightarrow 2C_6H_5OH + Na_2SO_3$$

সালফোনিক অ্যাসিডকে সোডিয়াম সালফাইট দিয়ে প্রশমিত করলে সালফোনিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ এবং সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড সোডিয়াম ফিনক্সাইড থেকে ফিনল উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। উপজাতকে এইভাবে ব্যবহারে উৎপাদন ব্যয় কম হয়।

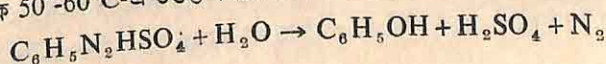
$$2C_6H_5 \cdot SO_3H + Na_2SO_3 \rightarrow 2C_6H_5SO_3Na + SO_2 + H_2O$$

(ii) **ক্লোরোবেনজিন থেকে :** সাধারণ তাপমাত্রায় ও চাপে ক্লোরোবেনজিনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করা যায় না। কিন্তু উচ্চ চাপে ও তাপমাত্রায় ক্লোরোবেনজিনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে ফিনলে রূপান্তর করা যায়।

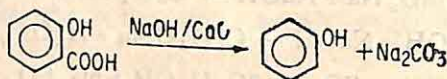
বিশেষ ধরনের অনুঘটকের উপস্থিতিতে প্রায় 450°C-এ বাষ্প দ্বারা ক্লোরোবেনজিনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ফিনল পাওয়া যায়।

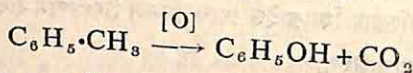
$$C_6H_5Cl + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + HCl$$

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়ায় ক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন করা যায়।

$$C_6H_5 + HCl + [O] \rightarrow C_6H_5Cl + H_2O$$

350°C-এ কস্টিক সোডা বা সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে ক্লোরোবেনজিনের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফিনক্সাইড ও ডাই-ফিনাইল ইথার উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম ফিনক্সাইডকে আম্লিক করলে ফিনল পাওয়া যায়।

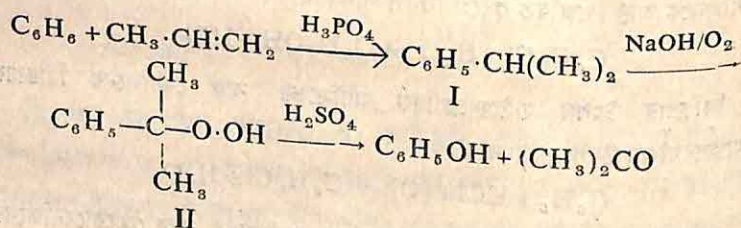
$$C_6H_5Cl + NaOH \rightarrow C_6H_5OH + NaCl$$
$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$$
$$C_6H_5ONa + Cl \cdot C_6H_5 \rightarrow C_6H_5OC_6H_5 + NaCl$$
$$C_6H_5ONa + H^+ \rightarrow C_6H_5OH + Na^+$$

(iii) **ডায়াজো লবণ থেকে :** বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট লবণের জলীয় দ্রবণকে 50°-60°C-এ উত্তপ্ত করলে ফিনল পাওয়া যায়।

$$C_6H_5N_2HSO_4 + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + H_2SO_4 + N_2$$

(iv) **স্যালিসাইলিক অ্যাসিড থেকে ঃ** স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোডালাইম মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে ডিকার্বক্সিলেশান বিক্রিয়ায় ফিনল পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(OH)COOH \xrightarrow{NaOH/CaO} C_6H_5OH + Na_2CO_3$$

(v) **টলুইন থেকে ঃ** ম্যাঙ্গানাস ও কিউপ্রিক লবণের (অনুঘটক) উপস্থিতিতে টলুইনকে বায়ু দিয়ে জারিত করে ফিনল প্রস্তুত করা যায়।

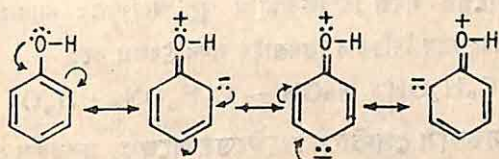
$$C_6H_5{\cdot}CH_3 \xrightarrow{[O]} C_6H_5OH + CO_2$$

(vi) **কিউমেন ফিনল পদ্ধতি** (Cumene Phenol Process) ঃ 250°C-এ এবং উচ্চচাপে অনুঘটক ফসফোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে প্রোপিলিনের বিক্রিয়ায় আইসোপ্রোপাইল বেনজিন বা কিউমেন (I) পাওয়া যায়। 130°C-এ এবং ক্ষারের উপস্থিতিতে কিউমেনকে বায়ু দিয়ে জারিত করে কিউমেন হাইড্রোপারঅক্সাইড (II) উৎপন্ন হয়, যাকে অ্যাসিড দিয়ে বিয়োজিত করলে ফিনল ও অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

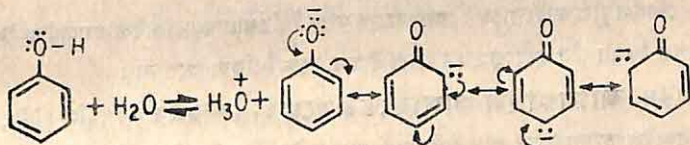
$$C_6H_6 + CH_3{\cdot}CH{:}CH_2 \xrightarrow{H_3PO_4} \underset{I}{C_6H_5{\cdot}CH(CH_3)_2} \xrightarrow{NaOH/O_2}$$

$$\underset{II}{C_6H_5-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-O{\cdot}OH} \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5OH + (CH_3)_2CO$$

ধর্ম ঃ ফিনল বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 43°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 182°C। উন্মুক্ত রেখে দিলে বাতাস ও আলোর প্রভাবে ফিনল বেগুনী হয়ে যায়। ঠাণ্ডা জলে মোটামুটি দ্রাব্য কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে দ্রাব্যতাও বৃদ্ধি পায়। কোহল ও ইথারে ফিনল সহজেই দ্রবীভূত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ বেনজিনের একটি হাইড্রোজেন একটি হাইড্রক্সিল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে ফিনল পাওয়া যায়। ফিনলে হাইড্রক্সিল মূলকটি নিউক্লিয়াসে সরাসরি যুক্ত থাকে। ফিনলের অনেক রাসায়নিক ধর্মের সঙ্গে কোহলের রাসায়নিক ধর্মের মিল আছে। কিন্তু কোহলের থেকে ফিনলের অ্যাসিড ধর্ম অনেক বেশি, কিন্তু কার্বক্সিল অ্যাসিডের থেকে ফিনলের অ্যাসিড ধর্ম অনেক কম। ফিনল নীল লিটমাসকে

লাল করতে পারে কিন্তু বাইকার্বনেট বা কার্বনেট থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড বার করতে পারে না। অর্থাৎ ফিনলগুলির অ্যাসিড ধর্ম কার্বনিক অ্যাসিডের থেকে কম।

ফিনলের হাইড্রক্সিল মূলকের অক্সিজেনের (যা বেনজিন চক্রের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল বেনজিন চক্রের π ইলেকট্রনের সঙ্গে অধিক্রমণ করে নিম্নলিখিত ভাবে সংস্পন্দনে অংশ নেয়।

উক্ত সংস্পন্দনে অক্সিজেন আংশিকভাবে ধনাত্মক আধানে আহিত হয়। ফলে অক্সিজেন হাইড্রোজেন যোজকের ইলেকট্রন যুগলটিকে অক্সিজেন নিজের দিকে টেনে নিয়ে হাইড্রোজেনকে প্রোটন হিসেবে বার হয়ে যেতে সাহায্য করে। ফিনল আয়নিত হলে উৎপন্ন ফিনক্সাইড আয়ন সংস্পন্দনের সাহায্যে স্থায়িত্ব লাভ করে।

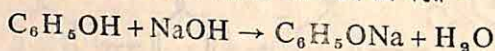
$$C_6H_5OH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_6H_5O^-$$

ফিনলের হাইড্রক্সিল মূলকের উপস্থিতিতে বেনজিন চক্রের অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে ফিনলিক হাইড্রক্সিল মূলকটি অর্থো প্যারা নির্দেশক মূলক হয় (ইলেকট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায়)।

ফিনল যৌগের বেনজিন চক্রে অন্য কোন মূলকের উপস্থিতি ফিনলের অ্যাসিড ধর্মকে বিশেষ ভাবে প্রভাবিত করে। যেমন নাইট্রো, অ্যালডিহাইড ইত্যাদি ইলেকট্রন আকর্ষী মূলক ফিনল যৌগের বেনজিন চক্রে উপস্থিত থাকলে ঐ সব ফিনলের অ্যাসিড ধর্ম অনেক গুণ বেড়ে যায়। যেমন—নাইট্রোফিনলগুলি ফিনলের থেকে অধিকতর অ্যাসিড ধর্ম বিশিষ্ট যৌগ হয়। আবার অ্যালকাইল, অ্যামাইনো ইত্যাদি ইলেকট্রন বিকর্ষী মূলক ফিনল যৌগের বেনজিন চক্রে থাকলে ঐ সব ফিনলের অ্যাসিড ধর্ম ফিনলের থেকে অনেক কম হয়।

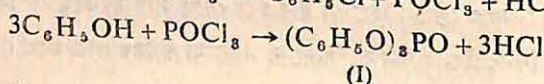
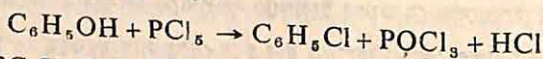
ফিনলের বিক্রিয়াসমূহকে দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—(i) হাইড্রক্সিল মূলক ঘটিত বিক্রিয়ায় এবং (ii) বেনজিন চক্র ঘটিত বিক্রিয়া।

(i) **হাইড্রক্সিল মূলক ঘটিত বিক্রিয়া : (1) ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে :** ফেরিক ক্লোরাইডের প্রশম জলীয় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফিনলগুলি বেগুনী বা সবুজ বর্ণ দেয় এবং এতে জটিল যৌগ উৎপন্ন হয়। এনল (Enol) মূলক ($>C=\underset{|}{C}-OH$) বিশিষ্ট যে কোন যৌগ এই বিক্রিয়া দেয়।

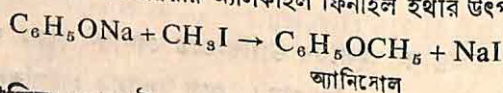
(2) **ক্ষারের সঙ্গে :** ফিনলগুলি মৃদু অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করে এবং শক্তিশালী ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফিনক্সাইড লবণ উৎপন্ন করে—

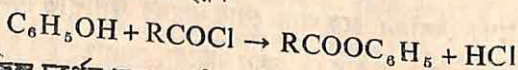
$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$$

(3) **ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে :** ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে ফিনলের বিক্রিয়ায় অতি অল্প পরিমাণে ক্লোরোবেনজিন এবং বেশি পরিমাণে ট্রাইফিনাইল ফসফেট (I) উৎপন্ন হয়।

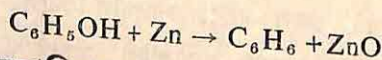
$$C_6H_5OH + PCl_5 \rightarrow C_6H_5Cl + POCl_3 + HCl$$

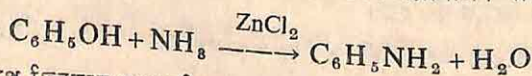
$$3C_6H_5OH + POCl_3 \rightarrow \underset{(I)}{(C_6H_5O)_3PO} + 3HCl$$

কোহলগুলি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন করলেও ফিনলগুলি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

(4) **অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে :** ফিনক্সাইড লবণগুলি (Na, K) অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ফিনাইল ইথার উৎপন্ন করে।

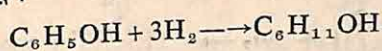
$$C_6H_5ONa + CH_3I \rightarrow \underset{\text{অ্যানিসোল}}{C_6H_5OCH_3} + NaI$$

(5) **অ্যাসিড ক্লোরাইডের সঙ্গে :** ফিনলের সঙ্গে অ্যাসিড ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ফিনাইল এস্টার উৎপন্ন হয়।

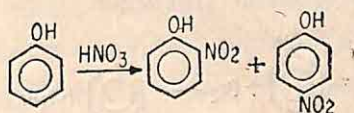
$$C_6H_5OH + RCOCl \rightarrow RCOOC_6H_5 + HCl$$

(6) **জিঙ্ক চূর্ণের সঙ্গে :** জিঙ্ক চূর্ণের সঙ্গে ফিনলকে পাতন করলে বেনজিন পাওয়া যায়।

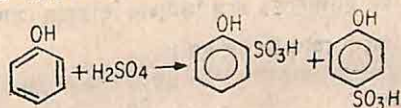
$$C_6H_5OH + Zn \rightarrow C_6H_6 + ZnO$$

(7) **অ্যামোনিয়ার সঙ্গে :** জিঙ্ক ক্লোরাইড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফিনলকে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

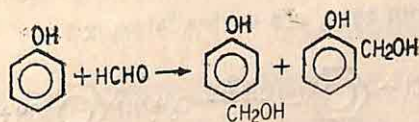
$$C_6H_5OH + NH_3 \xrightarrow{ZnCl_2} C_6H_5NH_2 + H_2O$$

উচ্চ চাপে ফিনলকে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে উত্তপ্ত করেও অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

(ii) **বেনজিন চক্রঘটিত বিক্রিয়াসমূহ :** (1) **বিজারণ :** নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে 160°C-এ ফিনলের সঙ্গে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় সাইক্লো হেক্সানল উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5OH + 3H_2 \longrightarrow C_6H_{11}OH$$

(2) **নাইট্রেশান বিক্রিয়া :** ফিনলের সঙ্গে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অর্থো এবং প্যারা নাইট্রো ফিনল উৎপন্ন হয়। (ফিনল অর্থো প্যারা নির্দেশক মূলক)

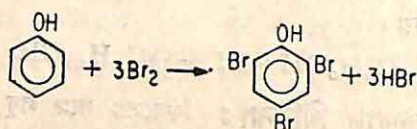
OH, $\xrightarrow{HNO_3}$ OH, NO_2 + OH, NO_2

(3) **সালফোনেশান বিক্রিয়া :** ফিনলের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অর্থো এবং প্যারা হাইড্রক্সি সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

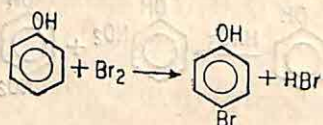
OH + H_2SO_4 ⟶ OH, SO_3H + OH, SO_3H

(4) **ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে :** নিম্ন তাপমাত্রায় এবং লঘু অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে ফিনলের বিক্রিয়ায় প্যারা হাইড্রক্সি বেনজাইল কোহল এবং অল্প পরিমাণে অর্থো হাইড্রক্সি বেনজাইল কোহল উৎপন্ন হয়।

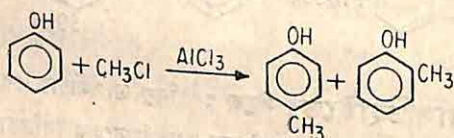
OH + HCHO ⟶ OH, CH_2OH + OH, CH_2OH

লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের উপস্থিতিতে, অতিরিক্ত ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে ফিনলের বিক্রিয়ায় ফিনল ফরম্যালডিহাইড পলিমার বা বহুলক উৎপন্ন হয়, যাকে বেকেলাইট (প্লাস্টিক) বলে।

(5) **ক্লোরো মেথিলেশান বিক্রিয়া :** অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফিনলের সঙ্গে ফরম্যালডিহাইডের বিক্রিয়ায় সহজেই ক্লোরো মেথিলেশন হয় এবং বহুলকে পরিণত হয়।

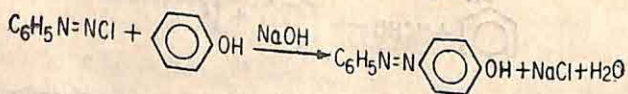
(6) **ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ফিনলের সঙ্গে ব্রোমিন জলের বিক্রিয়ায় 2, 4, 6 ট্রাইব্রোমো ফিনল উৎপন্ন হয়।

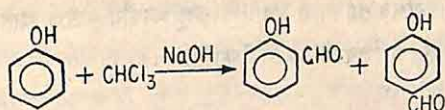
$$C_6H_5OH + 3Br_2 \longrightarrow C_6H_2Br_3OH + 3HBr$$

কিন্তু ব্রোমিনের কার্বন ডাই-সালফাইড দ্রবণের সঙ্গে ফিনলের বিক্রিয়ায় প্যারা ব্রোমো ফিনল উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5OH + Br_2 \longrightarrow p\text{-}BrC_6H_4OH + HBr$$

(7) **ফ্রিডেল ক্রাফ্টস বিক্রিয়া :** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে ফিনলের বিক্রিয়ায় সাধারণত প্যারা যৌগ এবং অল্প পরিমাণে অর্থো যৌগ উৎপন্ন হয়।

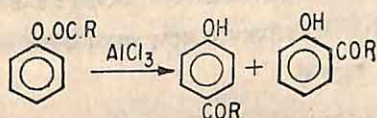
$$C_6H_5OH + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} p\text{-}CH_3C_6H_4OH + o\text{-}CH_3C_6H_4OH$$

(8) **ডায়াজোনিয়াম লবণের সঙ্গে :** ফিনলের ক্ষারীয় দ্রবণের সঙ্গে ডায়াজোনিয়াম লবণের বিক্রিয়ায় প্যারা হাইড্রক্সি অ্যাজো বেনজিন (I) নামে লাল রঙের রঞ্জন বস্তু উৎপন্ন হয়। একে কাপলিং বিক্রিয়া বলে।

$$C_6H_5N{=}NCl + C_6H_5OH \xrightarrow{NaOH} C_6H_5N{=}N\text{-}C_6H_4\text{-}OH + NaCl + H_2O$$

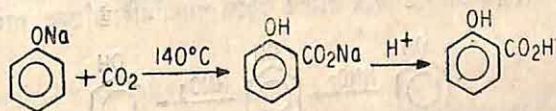
I

(9) **রাইমার টিম্যান বিক্রিয়া (Reimer Tiemann Reaction) :** ফিনলের ক্ষারীয় দ্রবণের সঙ্গে ক্লোরোফর্ম মিশিয়ে 60°C-এ উত্তপ্ত করার পর ক্লোরোফর্মকে পাতনে দূর করে, সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আম্লিক করলে অর্থো এবং প্যারা (অল্প) হাইড্রক্সি বেনজ্যালডিহাইড পাওয়া যায়। বাষ্প পাতনে অর্থো সমাবয়বকে পৃথক করা হয়। এই বিক্রিয়াটিকে রাইমার টিম্যান বিক্রিয়া বলে।

$$C_6H_5OH + CHCl_3 \xrightarrow{NaOH} o\text{-}HOC_6H_4CHO + p\text{-}HOC_6H_4CHO$$

ক্লোরোফর্মের বদলে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ব্যবহার করলে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(10) ফ্রায়িস পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া (Fries rearrangement) : উপযুক্ত পরিস্থিতিতে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফিনাইল এস্টারগুলি পুনর্বিন্যাসিত হয়ে অর্থো বা প্যারা হাইড্রক্সি কিটোন বা উভয় যৌগ উৎপন্ন করে। একে ফ্রায়িস পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া বলে। কম তাপমাত্রায় প্যারা যৌগ এবং বেশি তাপমাত্রায় অর্থো যৌগ উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5O.OC.R \xrightarrow{AlCl_3} p\text{-}HOC_6H_4COR + o\text{-}HOC_6H_4COR$$

দ্রাবক হিসেবে অনেক সময় নাইট্রোবেনজিন ব্যবহার করা হয়।

(11) কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে : সোডিয়াম বা পটাশিয়াম ফিনক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফিনলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

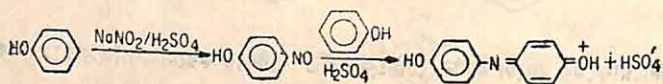
$$C_6H_5ONa + CO_2 \xrightarrow{140°C} o\text{-}HOC_6H_4CO_2Na \xrightarrow{H^+} o\text{-}HOC_6H_4CO_2H$$

স্যালিসাইলিক অ্যাসিড

সনাক্তকরণ : (1) ফেরিক ক্লোরাইড পরীক্ষা : প্রশমিত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে ফিনল বেগুনী রঙ উৎপন্ন করে এবং এই বেগুনী রঙ অ্যাসিটিক অ্যাসিড যোগে অন্তর্হিত হয়। কিন্তু স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে হয় না।

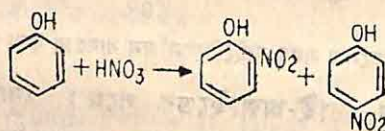
(2) ব্রোমিন জল পরীক্ষা : ফিনলে ব্রোমিন জল যোগ করলে তৎক্ষণাৎ সাদা রঙের ট্রাইব্রোমো ফিনলের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

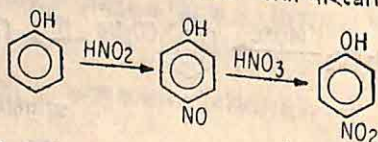
(3) লিবারম্যান পরীক্ষা : ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে কঠিন সোডিয়াম নাইট্রাইট যোগ করে উত্তপ্ত করা হয় এবং এই দ্রবণে এক ফোঁটা ফিনল যোগ করলে প্রথমে লাল বা ধূসর রঙ হয়, পরে সেটি সবুজ বা নীল হয়ে যায়। এতে

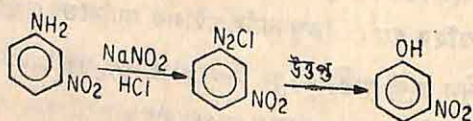
জল যোগ করলে দ্রবণের রঙ লাল হয়। কিন্তু ক্ষারীয় করলে আবার নীল রঙ পাওয়া যায়। এই পরীক্ষাকে লিবারম্যান পরীক্ষা বলে।

$$HO{-}C_6H_5 \xrightarrow{NaNO_2/H_2SO_4} HO{-}C_6H_4{-}NO \xrightarrow[H_2SO_4]{C_6H_5OH} HO{-}C_6H_4{-}N{=}C_6H_4{=}\overset{+}{O}H + HSO_4'$$

ব্যবহার: (1) বেকেলাইট (প্লাস্টিক) ও পিকরিক অ্যাসিড (বিস্ফোরক) রঞ্জন পদার্থ (ফিনফথ্যালিন), ওষুধ (অ্যাসপিরিন, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড) ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, (2) কালি ও কাঠ সংরক্ষণে এবং (3) বীজাণুনাশক হিসেবে ফিনল ব্যবহৃত হয়।

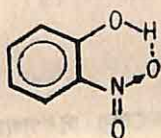
নাইট্রোফিনল সমূহ: (1) শীতল ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফিনলের বিক্রিয়ায় অর্থো ও প্যারা নাইট্রোফিনল উৎপন্ন হয় এবং প্যারা যৌগটি বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হয়। এদের মিশ্রণকে বাষ্প পাতন করলে অর্থো সমাবয়বটি বিশুদ্ধ অবস্থায় পাতিত হয়ে আসে।

$$C_6H_5OH + HNO_3 \longrightarrow o\text{-}HOC_6H_4NO_2 + p\text{-}HOC_6H_4NO_2$$

(2) ফিনলের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্যারা নাইট্রোসো ফিনল উৎপন্ন হয়, যাকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে প্যারা নাইট্রোফিনল পাওয়া যায়।

$$C_6H_5OH \xrightarrow{HNO_2} p\text{-}HOC_6H_4NO \xrightarrow{HNO_3} p\text{-}HOC_6H_4NO_2$$

(3) মেটা নাইট্রো অ্যানিলিনকে ডায়াজোটাইজেশান করার পর জলীয় দ্রবণটিকে উত্তপ্ত করলে মেটা নাইট্রোফিনল পাওয়া যায়।

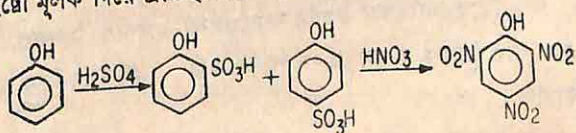
$$m\text{-}NO_2C_6H_4NH_2 \xrightarrow[HCl]{NaNO_2} m\text{-}NO_2C_6H_4N_2Cl \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত}} m\text{-}NO_2C_6H_4OH$$

অর্থো নাইট্রোফিনল হলুদ বর্ণের কঠিন এবং মেটা ও প্যারা নাইট্রোফিনলগুলি বর্ণহীন কঠিন। অর্থো, মেটা ও প্যারা নাইট্রোফিনলগুলির গলনাঙ্ক যথাক্রমে 45°C, 97°C এবং 114°C।

ফিনলের থেকে নাইট্রোফিনলগুলি অধিকতর অম্ল। কারণ নাইট্রোফিনলের বেনজিন চক্রে শক্তিশালী ইলেকট্রন আকর্ষী নাইট্রো মূলক থাকায় হাইড্রক্সিল মূলকের অক্সিজেন থেকে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল বেনজিনের ইলেকট্রনের সঙ্গে অনেক বেশি মাত্রায় অধিক্রমণ করে এবং এতে অক্সিজেন পরমাণুটি বেশি মাত্রায় ধনাত্মক আধানে আহিত হয়, যা হাইড্রোজেনকে প্রোটন হিসেবে বেরিয়ে যেতে অধিকতর সাহায্য করে।

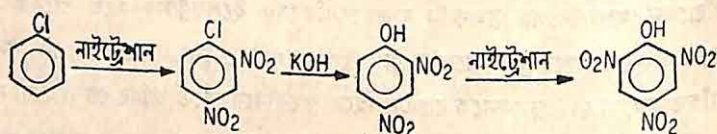
অর্থো নাইট্রোফিনলের হাইড্রক্সিল ও নাইট্রো মূলকের মধ্যে ব্যবধান সবচেয়ে কম এবং দূরত্ব এমন যাতে কিনা এই দুই মূলকের মধ্যে অন্তঃস্থ হাইড্রোজেন বন্ধনীর সাহায্যে যুক্ত থাকে। এতে অর্থো নাইট্রোফিনল অণুগুলি নিঃসঙ্গ বা বিচ্ছিন্ন হয়ে থাকতে পারে। অপরদিকে মেটা ও প্যারা নাইট্রো ফিনলগুলির হাইড্রক্সিল ও নাইট্রো মূলকের মধ্যে অন্তঃস্থ হাইড্রোজেন বন্ধনী হবার উপায় নেই, কিন্তু এরা জলের অণুর সঙ্গে সংগুণিত (Associated) অবস্থায় থাকে। এতে এদের দ্রাব্যতা ও স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। অপরদিকে অর্থো সমাবয়বটির দ্রাব্যতা এবং স্ফুটনাঙ্ক কম হয়।

পিকরিক অ্যাসিড বা 2 : 4 : 6 ট্রাইনাইট্রোফিনল : প্রস্তুতি :

উত্তপ্ত অবস্থায় বা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ফিনলকে জারিত করে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত করে। তাই নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফিনলের সরাসরি বিক্রিয়ায় পিকরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় না।

ফিনলকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে প্রথমে বিক্রিয়া করিয়ে অর্থো ও প্যারা ফিনল সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয় এবং এই যৌগটিকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে নাইট্রেশানে পিকরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সালফোনিক মূলক ফিনলকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারণের হাত থেকে রক্ষা করে এবং নাইট্রেশানে সালফোনিক মূলকটি নাইট্রো মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

$$C_6H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} o\text{-}HOC_6H_4SO_3H + p\text{-}HOC_6H_4SO_3H \xrightarrow{HNO_3} 2,4,6\text{-}(O_2N)_3C_6H_2OH$$

ক্লোরোবেনজিনকে নাইট্রেশান করলে 2, 4 ডাইনাইট্রো ক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন

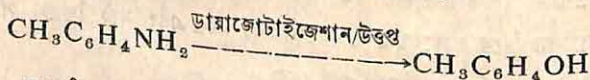
হয়, যাতে কস্টিক পটাশ দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণে 2, 4 ডাইনাইট্রোফিনল পাওয়া যায় এবং এই যৌগটিকে পুনরায় নাইট্রেশান করলে পিকরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5Cl \xrightarrow{\text{নাইট্রেশান}} C_6H_3Cl(NO_2)_2 \xrightarrow{KOH} C_6H_3(OH)(NO_2)_2 \xrightarrow{\text{নাইট্রেশান}} C_6H_2(OH)(NO_2)_3$$

পিকরিক অ্যাসিড হলুদ বর্ণের কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 122°C। ঠাণ্ডা জলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু গরম জলে দ্রাব্যতা বেড়ে যায়। ফিনল ও নাইট্রোফিনলের থেকে পিকরিক অ্যাসিড শক্তিশালী অ্যাসিড এবং ধাতুর সঙ্গে লবণ প্রস্তুত করে। লবণগুলি খুবই বিস্ফোরক পদার্থ। অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বন, কোহল, অ্যামিন ইত্যাদি যৌগের সঙ্গে পিকরিক অ্যাসিড জটিল লবণ পিকরেট উৎপন্ন করে। এই পিকরেটগুলি কেলাসাকার পদার্থ। যাদের সুনির্দিষ্ট গলনাঙ্ক থাকে। ফলে এদের সনাক্তকরণে পিকরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। এছাড়া বিস্ফোরক পদার্থ প্রস্তুতিতে ও ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

ফিনলের সমগণসমূহ

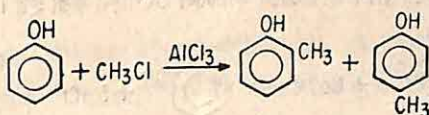
ক্রেসল সমূহ (হাইড্রক্সি টলুইন), $CH_3C_6H_4OH$: অর্থো, মেটা ও প্যারা ক্রেসল ফিনলের সঙ্গে আলকাতরায় পাওয়া যায় এবং এখান থেকে এদেরকে ফিনলের সঙ্গে সংগ্রহ করা হয়।

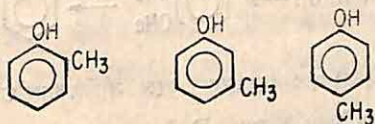
প্রস্তুতি : (1) টলুইডিনকে ডায়াজোটাইজেশান ও উত্তপ্ত করে ক্রেসল প্রস্তুত করা হয়। বিশেষ ধরনের টলুইডিন থেকে বিশেষ ধরনের ক্রেসল পাওয়া যায়। অর্থাৎ তিন প্রকার টলুইডিন থেকে তিন প্রকার ক্রেসল পাওয়া যায়।

$$CH_3C_6H_4NH_2 \xrightarrow{\text{ডায়াজোটাইজেশান/উত্তপ্ত}} CH_3C_6H_4OH$$

(2) ক্ষার দিয়ে সোডিয়াম টলুইন সালফোনেট লবণকে মিশিয়ে, উত্তপ্ত করে গলিয়ে এবং পরে আম্লিক করলে ক্রেসল পাওয়া যায়। এইভাবে তিন প্রকার ক্রেসলই প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3{\cdot}C_6H_4SO_3Na \xrightarrow{NaOH} CH_3{\cdot}C_6H_4ONa \xrightarrow{H^+} CH_3C_6H_4OH$$

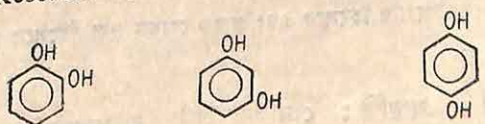
(3) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফিনলকে মিথাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে (ফ্রিডেল ক্রাফট্স) বিক্রিয়ায় অর্থো ও প্যারা ক্রেসল উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5OH + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} o\text{-}CH_3C_6H_4OH + p\text{-}CH_3C_6H_4OH$$

ক্রেসলগুলি ফিনলের মত গন্ধ বিশিষ্ট বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন। জলে মোটামুটি দ্রাব্য। সাবান জল মিশ্রিত ক্রেসল দ্রবণকে লাইজল বলে, যা বীজাণুনাশক পদার্থ হিসেবে ব্যবহৃত হয়। ফিনলের থেকে ক্রেসলগুলি শক্তিশালী বীজাণুনাশক পদার্থ। ক্রেসলগুলির ধর্ম ফিনলের মত। যেমন ক্ষারের সঙ্গে ক্রেসলগুলি ফিনক্সাইড উৎপন্ন করে।

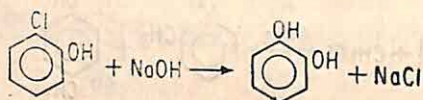
	o-ক্রেসল (OH, CH_3)	m-ক্রেসল (OH, CH_3)	p-ক্রেসল (OH, CH_3)
গলনাঙ্ক	31°C	12°C	35°C
স্ফুটনাঙ্ক	191°C	201°C	202·5°C

হাইড্রক্সিল মূলক থাকার জন্য ক্রেসলের মিথাইল মূলককে ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করা যায় না। কিন্তু ক্রেসলের হাইড্রক্সিল মূলককে অ্যাসিটাইল মূলক ($Ac = CH_3CO$) বা অ্যালকক্সি মূলক দিয়ে সংরক্ষণের পর জারণ করলে মিথাইল মূলকটি কার্বক্সিল মূলকে পরিণত করা যায়।

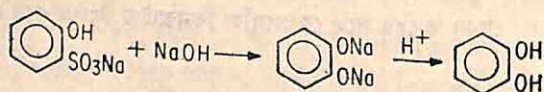
$$CH_3{\cdot}C_6H_4OH \xrightarrow{Ac_2O} CH_3{\cdot}C_6H_4OAc \xrightarrow{[O]} HOOC{\cdot}C_6H_4OAc$$

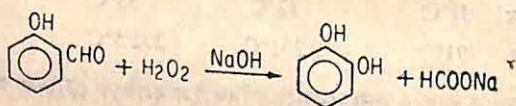
ডাইহাইড্রিক ফিনল

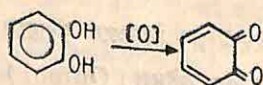
অর্থো, মেটা ও প্যারা ডাইহাইড্রিক ফিনলকে যথাক্রমে ক্যাটিচল (Catechol), রিসরসিনল (Resorcinol) এবং কুইনল (Quinol) বলে।

	ক্যাটিচল	রিসরসিনল	কুইনল
গলনাঙ্ক	105°C	110°	170°

ক্যাটিচল : প্রস্তুতি : (1) 190°C-এ, উচ্চচাপে এবং কপার সালফেটের (অতি অল্প মাত্রায়) উপস্থিতিতে অর্থো ক্লোরোফিনলকে 20% কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে বাণিজ্যিকভাবে ক্যাটিচল উৎপাদন করা হয়।

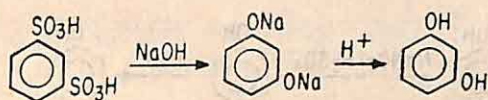
$$C_6H_4(Cl)(OH) + NaOH \longrightarrow C_6H_4(OH)(OH) + NaCl$$

(2) ক্ষারের (সোডা) সঙ্গে অর্থো ফিনল সালফোনিক অ্যাসিডকে মিশিয়ে উত্তাপে গলালে ক্যাটিচলের সোডিয়াম লবণ উৎপন্ন হয় যাকে আম্লিক করলে ক্যাটিচল পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(OH)(SO_3Na) + NaOH \longrightarrow C_6H_4(ONa)(ONa) \xrightarrow{H^+} C_6H_4(OH)(OH)$$

(3) ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সঙ্গে স্যালিস্যালডিহাইডের বিক্রিয়ায় ক্যাটিচল উৎপন্ন হয়। [ডাকিন বিক্রিয়া (Dakin reaction)].

$$C_6H_4(OH)(CHO) + H_2O_2 \xrightarrow{NaOH} C_6H_4(OH)(OH) + HCOONa$$

ক্যাটিচল বর্ণহীন কঠিন। জল, কোহল ও ইথারের দ্রাব্য। ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে ক্যাটিচল সবুজ বর্ণ উৎপন্ন করে ; যা সোডিয়াম কার্বনেটের উপস্থিতিতে লাল হয়ে যায়। ক্যাটিচল ভালো বিজারক পদার্থ। ক্যাটিচলের জলীয় দ্রবণ বাতাসে খোলা অবস্থায় রাখলে জারণে কালো হয়ে যায়। ঠাণ্ডা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে এবং গরম ফেলিং দ্রবণকে ক্যাটিচল বিজারিত করে। সিলভার অক্সাইড দিয়ে ক্যাটিচলকে জারণে অর্থো বেনজোকুইনোন পাওয়া যায়।

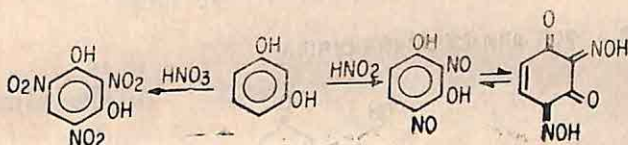
$$C_6H_4(OH)(OH) \xrightarrow{[O]} C_6H_4O_2 \text{ (অর্থো বেনজোকুইনোন)}$$

ফটোগ্রাফিক ডেভেলপার হিসেবে এবং জারক রোধক দ্রব্য হিসেবে গ্যাসোলিনের সঙ্গে ব্যবহার করা হয়।

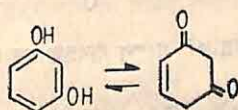
রিসরসিনল : প্রস্তুতি : বেনজিন মেটা ডাইসালফোনিক অ্যাসিডকে ক্ষারের সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করে গলানোর পর প্রাপ্ত বস্তুকে আম্লিক করলে রিসরসিনল পাওয়া যায়। (শিল্পোৎপাদন)

$$C_6H_4(SO_3H)_2 \xrightarrow{NaOH} C_6H_4(ONa)_2 \xrightarrow{H^+} C_6H_4(OH)_2$$

বেনজিন প্যারা ডাইসালফোনিক অ্যাসিড বা যে কোন ব্রোমো বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডকে ক্ষারের সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করে গলিয়ে ফেললে যে বস্তু পাওয়া যায় তাকে আম্লিক করলে রিসরসিনল পাওয়া যায়।

রিসরসিনল বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। জল, কোহল ও ইথারে খুবই দ্রাব্য। রিসরসিনলের জলীয় দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড যোগ করলে বেগুনী রঙ উৎপন্ন হয়। অর্থো বা প্যারা ডাইহাইড্রক্সি বেনজিনের মত রিসরসিনল ততটা বিজারক পদার্থ নয়, তবু এটি সিলভার নাইট্রেটকে এবং উত্তপ্ত ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে।

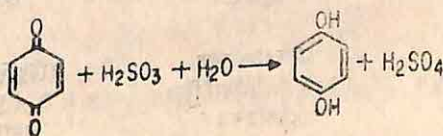
রিসরসিনল নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাইনাইট্রোসো-রিসরসিনল এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে স্টিফনিক (2, 4, 6 ট্রাইনাইট্রো রিসরসিনল) উৎপন্ন করে।

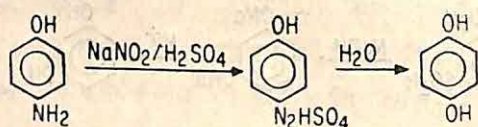
$$C_6H(NO_2)_3(OH)_2 \xleftarrow{HNO_3} C_6H_4(OH)_2 \xrightarrow{HNO_2} C_6H_2(NO)_2(OH)_2 \rightleftharpoons C_6H_2O_2(=NOH)_2$$

রিসরসিনল কিটো এনল টটোমেরিজম দেখায়।

$$C_6H_4(OH)_2 \rightleftharpoons C_6H_6O_2$$

এনল কিটো

ব্যবহার ঃ রঞ্জন শিল্পে এবং ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

কুইনল ঃ প্যারা বেনজোকুইনোনকে সালফিউরাস অ্যাসিড দিয়ে বিজারণে কুইনল পাওয়া যায়।

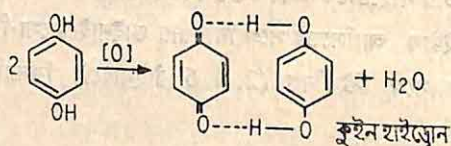
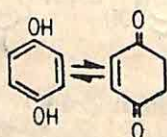
$$C_6H_4O_2 + H_2SO_3 + H_2O \longrightarrow C_6H_4(OH)_2 + H_2SO_4$$

এছাড়া প্যারা অ্যামাইনো ফিনলকে ডায়াজোটাইজেশান করার পর উত্তপ্ত করলে কুইনল পাওয়া যায়।

$$\text{OH-C}_6\text{H}_4\text{-NH}_2 \xrightarrow{NaNO_2/H_2SO_4} \text{OH-C}_6\text{H}_4\text{-N}_2\text{HSO}_4 \xrightarrow{H_2O} \text{OH-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$$

কুইনল বর্ণহীন কঠিন। জল, কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। এটি শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। কুইনল ফিনলের মত বিক্রিয়া দেখায় না—যেমন ফেরিক ক্লোরাইড কুইনলকে জারিত করে কুইনোন প্রস্তুত করে এবং বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণের সঙ্গে কাপলিং বিক্রিয়া করে না, কিন্তু কুইনলকে জারিত করে। কুইনল জারণে কুইনোন উৎপন্ন হয়। কুইনল জারণে কুইনোন প্রস্তুতিতে অন্তর্বর্তী কুইনহাইড্রোন (Quinhydrone) যৌগ উৎপন্ন করে।

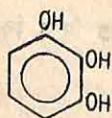
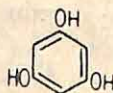
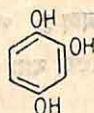
$$2\,\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-OH} \xrightarrow{[O]} \text{O=C}_6\text{H}_4\text{=O}\cdots\text{H-O-C}_6\text{H}_4\text{-O-H}\cdots + H_2O$$

কুইনহাইড্রোন

কুইনল ও কিটো এনল টটোমেরিজম দেখায়।

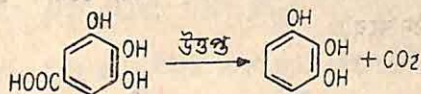
$$\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-OH} \rightleftharpoons \text{O=C}_6\text{H}_6\text{=O}$$

ব্যবহার : কুইনল ফটোগ্রাফী শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

ট্রাইহাইড্রিক ফিনল

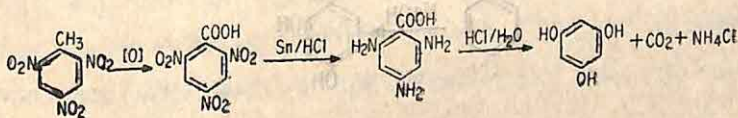
তিন রকম ট্রাইহাইড্রিক ফিনল হতে পারে। যেমন—

পাইরোগ্যালল, (1, 2, 3 ট্রাইহাইড্রিক বেনজিন)

ফ্লোরোগুসিনল (1, 3, 5, ট্রাইহাইড্রিক বেনজিন)

হাইড্রক্সিকুইনল, (1, 2, 4 ট্রাইহাইড্রিক বেনজিন)

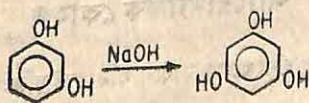
পাইরোগ্যালল : কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহে কঠিন গ্যালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে পাইরোগ্যালল পাওয়া যায়। অথবা 210°C-এ এবং

অধিক চাপে গ্যালিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে পাইরোগ্যালল পাওয়া যায়।

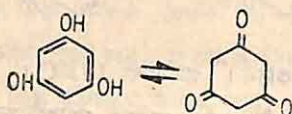
$$\text{HOOC-}C_6H_2(OH)_3 \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত}} C_6H_3(OH)_3 + CO_2$$

পাইরোগ্যালল বর্ণহীন কঠিন। গলনাঙ্ক 133°C। জল, কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। পাইরোগ্যাললের জলীয় দ্রবণ ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে লাল রঙ উৎপন্ন করে। পাইরোগ্যাললের ক্ষারীয় দ্রবণ বাতাসে খুলে রাখলে খুব তাড়াতাড়ি জারিত হয়ে পড়ে। ক্ষারীয় পাইরোগ্যালল অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শোষণ করতে পারে এবং এই জন্য কোন গ্যাসকে বিশ্লেষণে এটি ব্যবহার করা হয়। সিলভার, মারকারী, প্ল্যাটিনাম ইত্যাদির লবণকে পাইরোগ্যালল বিজারিত করে ধাতব মৌল উৎপন্ন করে। ফটোগ্রাফী শিল্পে ডেভেলপার হিসেবে পাইরোগ্যালল ব্যবহৃত হয়।

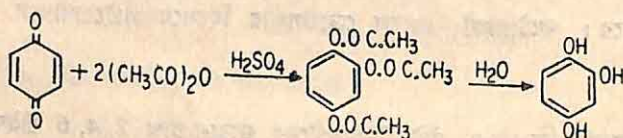
ফ্লোরোগুসিনল : ট্রাইনাইট্রোটলুইনের জারণে প্রাপ্ত 2, 4, 6 ট্রাইনাইট্রো-বেনজোয়িক অ্যাসিডকে টিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে 2, 4, 6 ট্রাই-অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়, যাকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করলে ফ্লোরোগুসিনল পাওয়া যায়।

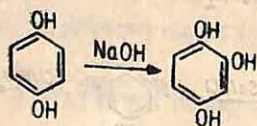
$$CH_3C_6H_2(NO_2)_3 \xrightarrow{[O]} HOOC\text{-}C_6H_2(NO_2)_3 \xrightarrow{Sn/HCl} HOOC\text{-}C_6H_2(NH_2)_3 \xrightarrow{HCl/H_2O} C_6H_3(OH)_3 + CO_2 + NH_4Cl$$

এছাড়া রিসরসিনলকে ক্ষারের সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করে গলিয়ে প্রাপ্ত বস্তুকে আম্লিক করলেও ফ্লোরোগুসিনল পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(OH)_2 \xrightarrow{NaOH} C_6H_3(OH)_3$$

ফ্লোরোগুসিনল বর্ণহীন কঠিন। গলনাঙ্ক 218°C। জলে মোটামুটি দ্রাব্য। এটির জলীয় দ্রবণ ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে নীলচে বেগুনী রঙ উৎপন্ন করে। ফ্লোরোগুসি-

নলের ক্ষারীয় দ্রবণ বাতাসে খুলে রাখলে খুব তাড়াতাড়ি জারিত হয়ে কালো হয়ে পড়ে। ফ্লোরোগ্লুসিনল কিটো এনল টটোমেরিজম দেখায়। এটি যেমন অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে ট্রাই-অ্যাসিটেট গঠন করে, তেমনি হাইড্রক্সিল্যামিনের সঙ্গে ট্রাই-অক্সিমও গঠন করে।

$$C_6H_3(OH)_3 \rightleftharpoons C_6H_6O_3$$

হাইড্রক্সিকুইনল ঃ প্যারাবেনজোকুইনোনের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ট্রাই-অ্যাসিটেটকে আর্দ্র বিশ্লেষণে হাইড্রক্সিকুইনল পাওয়া যায়।

$$C_6H_4O_2 + 2(CH_3CO)_2O \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_3(O.OC.CH_3)_3 \xrightarrow{H_2O} C_6H_3(OH)_3$$

এছাড়া বাতাসের উপস্থিতিতে ক্ষারের সঙ্গে কুইনলকে উত্তপ্ত করেও হাইড্রক্সি-কুইনল পাওয়া যায়।

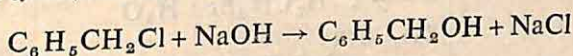
$$C_6H_4(OH)_2 \xrightarrow{NaOH} C_6H_3(OH)_3$$

সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 140°C। জলে দ্রাব্য।

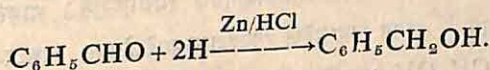
অ্যারোম্যাটিক কোহল

অ্যারোম্যাটিক চক্রের পার্শ্বশৃংখলের কার্বনে যদি হাইড্রক্সিল মূলক যুক্ত থাকে, সেই সব যৌগদের অ্যারোম্যাটিক কোহল বলে। এই সব যৌগদের প্রস্তুত পদ্ধতি ও ধর্ম অ্যালিফ্যাটিক কোহলের অনুরূপ। অ্যারোম্যাটিক কোহলদেরও প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক, তৃতীয়ক শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

বেনজাইল কোহল (ফিনাইল কার্বিনল), $C_6H_5CH_2OH$: বেনজাইল কোহলকে টলুবালসামে (Tolubalsam) মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় এবং বিভিন্ন ফুলের নির্যাসে এস্টার হিসেবে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : (i) ক্ষার বা সোডিয়াম কার্বনেট বা চুনের জলীয় দ্রবণের সাহায্যে বেনজাইল ক্লোরাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজাইল কোহল প্রস্তুত করা হয়।

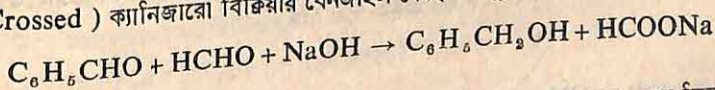
$$C_6H_5CH_2Cl + NaOH \rightarrow C_6H_5CH_2OH + NaCl$$

(ii) জিঙ্ক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বেনজালডিহাইডকে বিজারণে বেনজাইল কোহল পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CHO + 2H \xrightarrow{Zn/HCl} C_6H_5CH_2OH.$$

(iii) ক্যানিজ্যারো বিক্রিয়ার সাহায্যে বেনজালডিহাইডের থেকে রসায়নাগারে বেনজাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়।

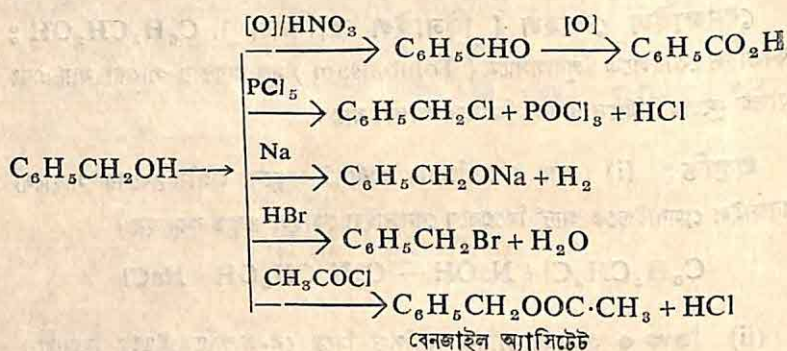
$$2C_6H_5CHO + KOH \rightarrow C_6H_5CH_2OH + C_6H_5COOK$$

একটি ছিপিযুক্ত কনিক্যাল ফ্লাস্কে বেনজালডিহাইড ও ঘন কস্টিক পটাশ বা সোডা দ্রবণ নিয়ে সজোরে অনেকক্ষণ ঝাঁকিয়ে একটি স্থায়ী ইমালসান প্রস্তুত করে 24 ঘণ্টা রেখে দেওয়া হয়। পরে অতিরিক্ত জল যোগ করে দ্রাব্য পটাশিয়াম বেনজোয়েট লবণকে দ্রবীভুত করান হয়। পরে ঐ দ্রবণে ইথার যোগ করে বেনজাইল কোহলকে দ্রবীভূত করে নিষ্কাশন করা হয়। সোডিয়াম সালফেট দিয়ে ইথার দ্রবণ থেকে জল অপসারণ করে ইথারকে পাতনে দূর করলে বেনজাইল কোহল পাওয়া যায় যাকে পুনঃ পাতনে বিশুদ্ধ করা হয়।

(iv) বেনজালডিহাইডের সঙ্গে ফরম্যালডিহাইড মিশিয়ে আড়াআড়ি (Crossed) ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় বেনজাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়।

$$C_6H_5CHO + HCHO + NaOH \rightarrow C_6H_5CH_2OH + HCOONa$$

বেনজাইল কোহল বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 205°C। জলে স্বল্প দ্রাব্য কিন্তু কোহল, ইথার, বেনজিনে দ্রাব্য। বেনজাইল কোহল ক্রেসলের (ফিনল) সঙ্গে সমাবয়বী যৌগ। বেনজাইল কোহলের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক কোহলের ন্যায়।

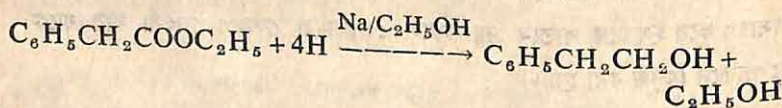
$$C_6H_5CH_2OH \longrightarrow \begin{cases} \xrightarrow{[O]/HNO_3} C_6H_5CHO \xrightarrow{[O]} C_6H_5CO_2H \\ \xrightarrow{PCl_5} C_6H_5CH_2Cl + POCl_3 + HCl \\ \xrightarrow{Na} C_6H_5CH_2ONa + H_2 \\ \xrightarrow{HBr} C_6H_5CH_2Br + H_2O \\ \xrightarrow{CH_3COCl} C_6H_5CH_2OOC\cdot CH_3 + HCl \end{cases}$$

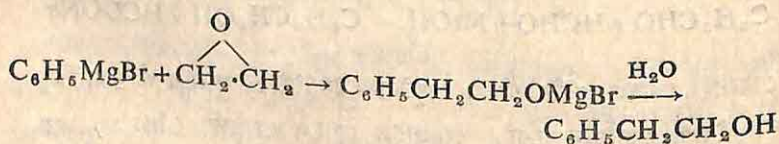
বেনজাইল অ্যাসিটেট

বেনজাইল কোহলে বেনজিন চক্র (অ্যারোম্যাটিক নিউক্লিয়াস) থাকায় এটি অ্যারোম্যাটিক ধর্মও দেখায়। যেমন বেনজাইল কোহলকে নাইট্রেশান, সালফোনেশান ইত্যাদি করা যায় এবং CH_2OH মূলকটি অর্থো প্যারা নির্দেশক মূলক বলে আগত মূলক অর্থো প্যারা অবস্থানে স্থান নেবে।

ব্যবহার : বেনজাইল কোহল সুগন্ধি হিসেবে এবং বেনজাইল বেনজায়েট হাঁপানি ও হুপিং কাশির ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

β ফিনাইল ইথাইল কোহল, $C_6H_5CH_2CH_2OH$: গোলাপের নির্যাসে এটি পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : (i) ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের ইথাইল এস্টারকে সোডিয়াম কোহল দিয়ে বিজারণে β ফিনাইল ইথাইল কোহল পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CH_2COOC_2H_5 + 4H \xrightarrow{Na/C_2H_5OH} C_6H_5CH_2CH_2OH + C_2H_5OH$$

(ii) ফিনাইল ম্যাগনেশিয়াম ব্রোমাইডের ইথার দ্রবণের সঙ্গে ইথিলিন অক্সাইডের বিক্রিয়ায় β ফিনাইল ইথাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়।

$$C_6H_5MgBr + \overset{O}{\widehat{CH_2\cdot CH_2}} \rightarrow C_6H_5CH_2CH_2OMgBr \xrightarrow{H_2O} C_6H_5CH_2CH_2OH$$

বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 220°C। জলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু কোহল, ইথারে খুবই দ্রাব্য। সুগন্ধী হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

ফিনল ও বেনজাইল কোহলের মধ্যে তুলনা

	ফিনল	বেনজাইল কোহল
1. ভৌত ধর্ম	বৈশিষ্ট্যপূর্ণ গন্ধযুক্ত আম্লিক যৌগ।	সুন্দর গন্ধযুক্ত প্রশম তরল।
2. PCl_5-এর সঙ্গে বিক্রিয়া	প্রধানত ট্রাইফিনাইল ফস-ফেট উৎপন্ন হয়।	বেনজাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।
3. HX-এর সঙ্গে বিক্রিয়া	বিক্রিয়া করে না।	বেন জাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।
4. $FeCl_3$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া	বেগুনী বর্ণ হয়।	কোন বৈশিষ্ট্যপূর্ণ পরি-বর্তন হয় না।
5. জারক দ্রব্যের সঙ্গে বিক্রিয়া	বিশিষ্ট বর্ণযুক্ত ও অজ্ঞাত গঠনের জারিত পদার্থ পাওয়া যায়।	প্রথমে বেনজালডিহাইড ও পরে বেনজোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।
6. NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া	ফিনক্সাইড উৎপন্ন হয়।	কোন বিক্রিয়া হয় না।
7. ডায়াজোনিয়াম লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া	রঞ্জন বস্তু উৎপন্ন হয়।	রঞ্জন বস্তু উৎপন্ন হয় না।

প্রশ্নাবলী

1. ফিনল কাদের বলা হয়? ফিনল কত প্রকার হয়? ফিনল ও কোহলের মধ্যে পার্থক্য কি?
2. অ্যারোম্যাটিক হাইড্রক্সি যৌগ কত প্রকার হয়?
3. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলি কি কি শর্তে ফিনলের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে এবং কোন্ পদার্থ উৎপন্ন হবে?
   (i) Zn (ii) $NaHCO_3$ (iii) CH_3I (iv) NH_3
   (v) CH_3COCl (vi) $FeCl_3$ (vii) PCl_5 (viii) H_2
   (ix) HNO_3 (x) HCHO (xi) Br_2

4. টীকা লেখ ঃ—

(i) ফ্রায়িস বিক্রিয়া (ii) ক্লোরোমেথিলেশন (ii) রাইমার টিম্যান বিক্রিয়া (iv) কিউমেন ফিনল পদ্ধতি।

5. নিম্নলিখিত যৌগগুলি ফিনল থেকে কিভাবে সংশ্লেষণ করা যায় ঃ—

(i) স্যালিসাইলিক অ্যাসিড (ii) পিকরিক অ্যাসিড (iii) বেনজিন (iv) অর্থো এবং প্যারা ক্রেসল ?

6. সমাবয়বী ডাইহাইড্রক্সি বেনজিন যৌগগুলির নাম, প্রস্তুত প্রণালী ও প্রয়োজনীয় বিক্রিয়াগুলি লেখ।

7. সমাবয়বী ট্রাইহাইড্রক্সি বেনজিন যৌগগুলির নাম, প্রস্তুত প্রণালী ও প্রয়োজনীয় বিক্রিয়াগুলি লেখ।

8. 'ফিনলের হাইড্রক্সিল মূলকটি অর্থো প্যারা নির্দেশক মূলক'—ব্যাখ্যা কর।

9. ফিনলিক হাইড্রক্সিল মূলককে কিভাবে সনাক্ত করা যায় ?

10. অ্যারোম্যাটিক কোহল কাদের বলে ? বেনজালডিহাইড থেকে কিভাবে বেনজাইল কোহল প্রস্তুত করা যায় ?

12. ফিনল ও বেনজাইল কোহলের মধ্যে তুলনা কর।

13. (i) বেনজিন থেকে ফিনল ও ফিনল থেকে বেনজিন কিভাবে করা যায় ?

(ii) অ্যানিলিন থেকে ফিনল ও ফিনল থেকে অ্যানিলিন কিভাবে করা যায় ?

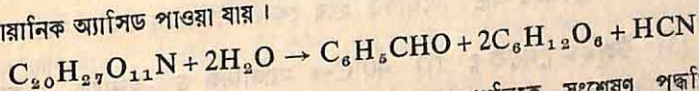
৩৪

অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইড, কিটোন এবং কুইনোন সমূহ

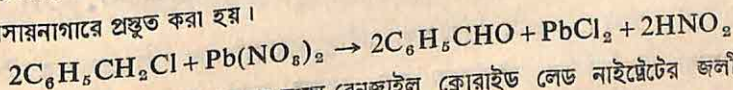
Aromatic Aldehydes, Ketones & Quinones

অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইড : অন্যান্য অ্যারোম্যাটিক যৌগের মত অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইড যৌগগুলিকে দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—(i) অ্যারো-ম্যাটিক চক্রে সরাসরি অ্যালডিহাইড মূলকটি যুক্ত এবং (ii) অ্যালডিহাইড মূলকটি অ্যারোম্যাটিক চক্রের পার্শ্বশৃংখলে যুক্ত। প্রথম শ্রেণীর যৌগদের অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইড বলে এবং দ্বিতীয় শ্রেণীর যৌগদের অ্যারাইল মূলক প্রতিস্থাপিত অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড বলে, যাদের ধর্ম মোটামুটি অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইডের মত।

বেনজালডিহাইড, C_6H_5CHO : বেনজালডিহাইড হলো অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইডের আদর্শ নমুনা এবং তেতো বাদামের তেল (Oil of bitter almonds) নামে পরিচিত। বেনজালডিহাইড তেতো বাদামে গ্লুকোসাইড অ্যামিগড্যালিন হিসাবে বর্তমান। লঘু অ্যাসিড বা উৎসেচক (Enzyme) দিয়ে এই অ্যামিগড্যালিনকে আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজালডিহাইডের সঙ্গে গ্লুকোজ ও হাইড্রো-সায়ানিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

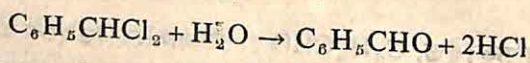
$$C_{20}H_{27}O_{11}N + 2H_2O \rightarrow C_6H_5CHO + 2C_6H_{12}O_6 + HCN$$

প্রস্তুতি : বেনজালডিহাইড এবং এর সমগণগুলিকে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

(1) **রসায়নাগারে প্রস্তুতি :** কার্বন ডাই-অক্সাইড মাধ্যমে বেনজাইল ক্লোরাইডকে লেড নাইট্রেট বা কপার নাইট্রেট দ্রবণ দিয়ে জারণে বেনজালডিহাইড রসায়নাগারে প্রস্তুত করা হয়।

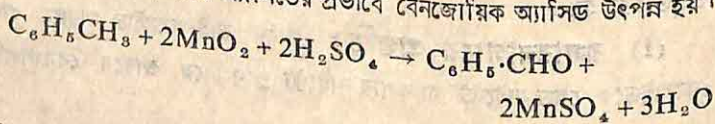
$$2C_6H_5CH_2Cl + Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2C_6H_5CHO + PbCl_2 + 2HNO_2$$

রিফ্লাক্স শীতকযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে বেনজাইল ক্লোরাইড লেড নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ একত্রে মিশিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড মাধ্যমে 6-8 ঘণ্টা ধরে ফোটানো হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করে নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলিকে দূর

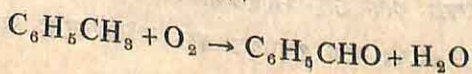
করা হয়। তা না হলে এই অক্সাইডগুলি বেনজালডিহাইডকে জারিত করে বেনজোয়িক অ্যাসিডে পরিণত করবে। উৎপন্ন বেনজালডিহাইড তরল যখন সিলভার নাইট্রেট ও নাইট্রিক অ্যাসিড যোগে সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে না তখন বিক্রিয়াটি শেষ হয়ে গিয়েছে। উক্ত দ্রবণকে ঠাণ্ডা করে ইথার দিয়ে বেনজালডিহাইডকে নিষ্কাশন করা হয় এবং ইথার দ্রবণে সম্পৃক্ত সোডিয়াম বাইসালফাইট দ্রবণ যোগ করে বেনজালডিহাইডের বাইসালফাইট (কঠিন) যুতযৌগকে পৃথক করে নেওয়া হয় এবং ঐ কঠিন বাইসালফাইট যুতযৌগকে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করে বেনজালডিহাইডকে মুক্ত করে ইথার দিয়ে নিষ্কাশন করা যায়। পরে ঐ ইথার দ্রবণকে বিশুষ্ক করে ইথারকে পাতন করে পৃথক করলে বিশুদ্ধ বেনজালডিহাইড পাওয়া যায়।

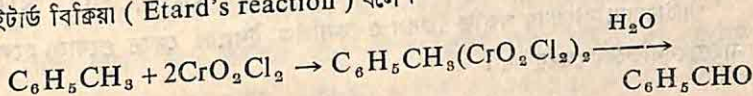
(2) **বেনজিলিডিন ক্লোরাইড থেকেঃ** লোহা চূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে 100°C-এ বেনজিলিডিন ক্লোরাইডকে জল দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজালডিহাইড বাণিজ্যিকভাবে প্রস্তুত করা হয়।

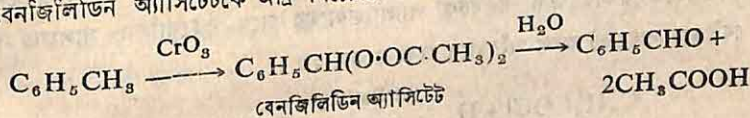
$$C_6H_5CHCl_2 + H_2O \rightarrow C_6H_5CHO + 2HCl$$

টলুইনকে ক্লোরিনেশানে বেনজিলিডিন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়। এতে বেনজিলিডিন ক্লোরাইডের সঙ্গে বেনজাইল ক্লোরাইড ও বেনজো ট্রাইক্লোরাইডও উৎপন্ন হয়, যারা আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজাইল কোহল ও বেনজোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। কিন্তু বোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে আর্দ্র বিশ্লেষণে কেবলমাত্র বেনজিলিডিন ক্লোরাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে বেনজালডিহাইড উৎপন্ন করে।

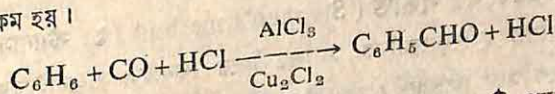
(3) **টলুইন থেকেঃ** (i) 40°C-এ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড টলুইনকে জারিত করে বেনজালডিহাইডে পরিণত করে। বেশি তাপমাত্রায় ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রভাবে বেনজোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CH_3 + 2MnO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5{\cdot}CHO + 2MnSO_4 + 3H_2O$$

(ii) 500°C-এ এবং অনুঘটক ম্যাঙ্গানীজ, জারকোনিয়াম, মলিবডেনাম অক্সাইড মিশ্রণের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন দ্বারা লঘুকৃত বাতাস টলুইনকে জারিত করে কেবলমাত্র বেনজালডিহাইডে পরিণত করে।

$$C_6H_5CH_3 + O_2 \rightarrow C_6H_5CHO + H_2O$$

(iii) টলুইনের কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্রবণে ক্রোমিল ক্লোরাইড ব্যবহারে একটি জটিল যৌগ $C_6H_5CH_3(CrO_2Cl_2)_2$ উৎপন্ন হয়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষণে কেবলমাত্র বেনজালডিহাইড ভালো পরিমাণে পাওয়া যায়। বেনজিন চক্রে যুক্ত মিথাইল মূলককে ক্রোমিল ক্লোরাইড ব্যবহারে অ্যালডিহাইড মূলকে পরিণত করাকে ইটার্ড বিক্রিয়া (Etard's reaction) বলে।

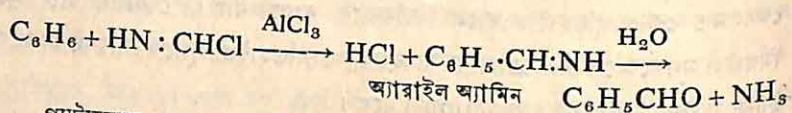
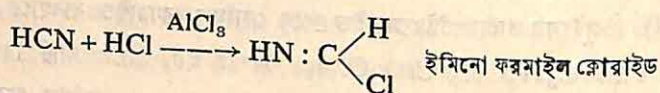
$$C_6H_5CH_3 + 2CrO_2Cl_2 \rightarrow C_6H_5CH_3(CrO_2Cl_2)_2 \xrightarrow{H_2O} C_6H_5CHO$$

(iv) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড মিশ্রিত ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড দিয়ে টলুইনকে জারিত করলে বেনজালডিহাইড উৎপন্ন হয়, যা কিনা অ্যাসিটিক অ্যান-হাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজিলিডিন অ্যাসিটেটে পরিণত হয়ে জারণের হাত থেকে রক্ষা পায়। লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে বেনজিলিডিন অ্যাসিটেটকে আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{CrO_3} \underset{\text{বেনজিলিডিন অ্যাসিটেট}}{C_6H_5CH(O{\cdot}OC{\cdot}CH_3)_2} \xrightarrow{H_2O} C_6H_5CHO + 2CH_3COOH$$

গ্যাটারম্যান কচ (Gattermann Koch) সংশ্লেষণ : অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড (অনুঘটক) ও সামান্য কিউপ্রাস ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের মধ্যে কার্বন মনোক্সাইড ও বিশুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস মিশ্রণ প্রবাহিত করলে বেনজালডিহাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে গ্যাটারম্যান কচ সংশ্লেষণ বলে। কিউপ্রাস ক্লোরাইড অনুপস্থিত থাকলে উৎপন্ন অ্যালডিহাইডের পরিমাণ কম হয়।

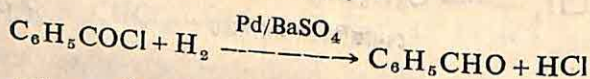
$$C_6H_6 + CO + HCl \xrightarrow[Cu_2Cl_2]{AlCl_3} C_6H_5CHO + HCl$$

বেনজিন চক্রে মিথাইল মূলক থাকলে অ্যালডিহাইড মূলকটি প্যারা অবস্থানে স্থান নেয়। নাইট্রোবেনজিন, ফিনল বা ফিনলিক ইথার এই বিক্রিয়া করে না।

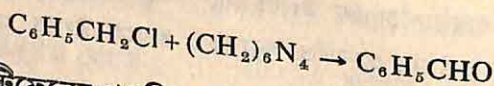
(5) **গ্যাটারম্যান সংশ্লেষণ :** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড ও বিশুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস মিশ্রণের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়ায় যে জটিল যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজালডিহাইড পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াকে গ্যাটারম্যান সংশ্লেষণ বলে।

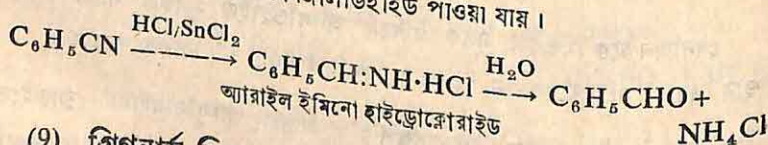
$$HCN + HCl \xrightarrow{AlCl_3} HN : C\begin{matrix} \diagup H \\ \diagdown Cl \end{matrix}$$ ইমিনো ফরমাইল ক্লোরাইড

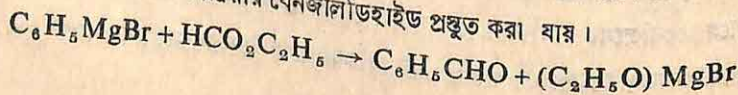
$$C_6H_6 + HN : CHCl \xrightarrow{AlCl_3} HCl + C_6H_5{\cdot}CH{:}NH \xrightarrow{H_2O} C_6H_5CHO + NH_3$$
অ্যারাইল অ্যামিন

গ্যাটারম্যান সংশ্লেষণ পদ্ধতি ফিনল ও ফিনলিক ইথারের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হলেও নাইট্রোবেনজিনের ক্ষেত্রে নয়।

(6) **রোজেনমুণ্ড বিজারণ (Rosenmund reduction) :** প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেনজাইল ক্লোরাইডের জাইলিন দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালিত করলে বেনজাইল ক্লোরাইড বিজারিত হয়ে বেনজালডিহাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নির্গত হয়। উৎপন্ন পদার্থকে আম্লিক ও বাষ্প পাতনে বেনজালডিহাইড পাওয়া যায়। উৎপন্ন বেনজালডিহাইডকে পুনরায় বিজারণের হাত থেকে রক্ষার জন্য অনুঘটক প্যালাডিয়ামের সঙ্গে কুইনোলিন, সালফার বা বেরিয়াম সালফেট অল্প পরিমাণে ব্যবহার করা হয়।

$$C_6H_5COCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} C_6H_5CHO + HCl$$

(7) **সোমেলেটের বিক্রিয়া (Sonmelet's reaction) :** বেনজাইল ক্লোরাইড ও হেক্সামেথিলিন টেট্রা অ্যামিনের ইথানল দ্রবণ একত্রে রিফ্লাক্স করে, প্রাপ্ত দ্রবণকে আম্লিক ও বাষ্প পাতনে বেনজালডিহাইড পাওয়া যায়। একে সোমেলেটের বিক্রিয়া বলে।

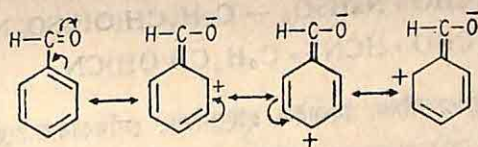
$$C_6H_5CH_2Cl + (CH_2)_6N_4 \rightarrow C_6H_5CHO$$

(8) **স্টিফেনের পদ্ধতি (Stephen's method) :** স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও ইথার মিশ্রিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে ফিনাইল সায়ানাইডকে বিজারণে প্রাপ্ত পদার্থকে আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CN \xrightarrow{HCl/SnCl_2} C_6H_5CH{:}NH{\cdot}HCl \xrightarrow{H_2O} C_6H_5CHO + NH_4Cl$$
অ্যারাইল ইমিনো হাইড্রোক্লোরাইড

(9) **গ্রিগনার্ড বিকারক থেকে :** ফিনাইল ম্যাগনেশিয়াম ব্রোমাইডের সঙ্গে ইথাইল ফরমেটের বিক্রিয়ার বেনজালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$C_6H_5MgBr + HCO_2C_2H_5 \rightarrow C_6H_5CHO + (C_2H_5O)\,MgBr$$

ভৌত ধর্ম ঃ বেনজালডিহাইড নাইট্রোবেনজিনের ন্যায় গন্ধযুক্ত এবং বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 179°C। জলে স্বল্প দ্রাব্য। কিন্তু কোহল এবং ইথারে দ্রাব্য। বেনজালডিহাইড বাষ্প দ্বারা পাতিত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ বেনজালডিহাইডে একটি অ্যালডিহাইড মূলক বেনজিন চক্রের কার্বনের (যেটি অ্যালডিহাইডের পরিপ্রেক্ষিতে α অবস্থানে আছে বলে α-কার্বন বলে) সঙ্গে সরাসরি যুক্ত। ঐ α-কার্বনে কোন হাইড্রোজেন পরমাণু না থাকায় বেনজালডিহাইড অ্যালডল সংঘনন (Condensation) বিক্রিয়া করে না।

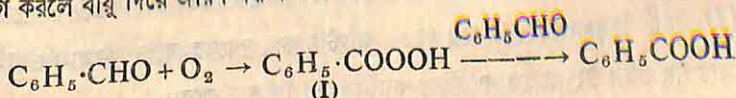
অ্যালডিহাইড মূলকটি ইলেকট্রন আকর্ষী বলে বেনজিন চক্রের অর্থো ও প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রনের ঘনত্ব কমে যায়। ফলে বেনজালডিহাইড ইলেকট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় কম সক্রিয় এবং এইরকম বিক্রিয়া যদি ঘটে তবে আগত মূলকটি অবশ্যই মেটা অবস্থানে আসবে। কারণ মেটা অবস্থানে ইলেকট্রনের ঘনত্ব অর্থো বা প্যারা অবস্থানের থেকে বেশি। নিচে বেনজালডিহাইডের সংস্পন্দন গঠনগুলি দেওয়া হলো।

H—C=O ⟷ H—C—Ō ⟷ H—C—Ō ⟷ H—C—Ō

এই সংস্পন্দন গঠনের জন্য বেনজালডিহাইডের সক্রিয়তা অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইডের থেকে অনেক কম হয়।

বেনজালডিহাইডের অনেক বিক্রিয়া অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইডের অনুরূপ হলেও অনেক বিক্রিয়া আবার ভিন্ন ধরনের হয়।

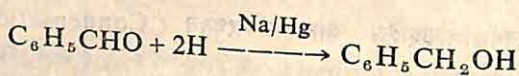
অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইডের অনুরূপ বিক্রিয়াসমূহ ঃ

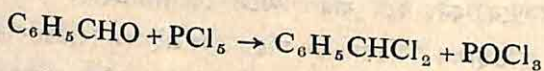
(1) **জারণ ঃ** বাতাসের অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজালডিহাইড পারবেনজোয়িক অ্যাসিডে (I) জারিত হয়, যা অতিরিক্ত বেনজালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজোয়িক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বেনজালডিহাইডে সামান্য হাইড্রোকুইনোন যোগ করলে বায়ু দিয়ে জারণ বন্ধ করা যায়।

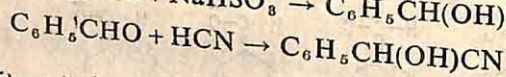
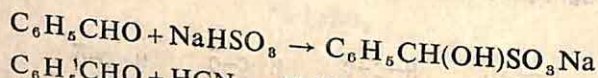
$$C_6H_5{\cdot}CHO + O_2 \rightarrow \underset{(I)}{C_6H_5{\cdot}COOOH} \xrightarrow{C_6H_5CHO} C_6H_5COOH$$

অ্যামোনিয়াক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বেনজালডিহাইড বিজারিত করে ধাতব রূপোয় পরিণত করে এবং নিজে বেনজোয়িক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

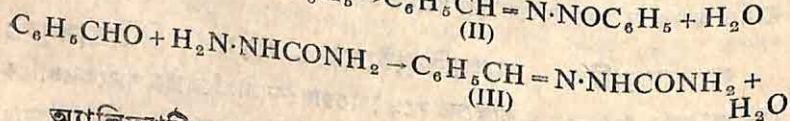
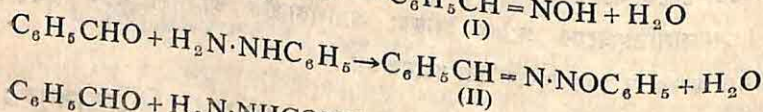
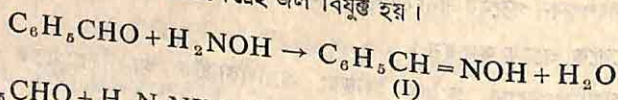
অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইডের মত বেনজালডিহাইড শিফ বিকারকের ম্যাজেন্টা রং পুনর্প্রাপ্তি ঘটায়। কিন্তু ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে না।

(2) **বিজারণ :** সোডিয়াম পারদ সংকর দিয়ে বিজারণে বেনজালডিহাইড বেনজাইল কোহলে পরিণত হয়।

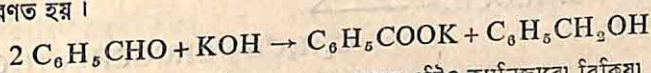
$$C_6H_5CHO + 2H \xrightarrow{Na/Hg} C_6H_5CH_2OH$$

(3) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজালডিহাইড বেনজিলিডিন ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$C_6H_5CHO + PCl_5 \rightarrow C_6H_5CHCl_2 + POCl_3$$

(4) সোডিয়াম বাই সালফাইট এবং হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজালডিহাইড যথাক্রমে সোডিয়াম বাইসালফাইট যুতযৌগ এবং সায়ানোহাইড্রিন (যুতযৌগ) উৎপন্ন করে।

$$C_6H_5CHO + NaHSO_3 \rightarrow C_6H_5CH(OH)SO_3Na$$
$$C_6H_5CHO + HCN \rightarrow C_6H_5CH(OH)CN$$

(5) হাইড্রক্সিল্যামিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন, সেমিকার্বাজাইডের সঙ্গে বেনজালডিহাইডের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে অক্সিম (I), হাইড্রাজোন (II) ও সেমিকার্বাজোন (III) উৎপন্ন করে এবং প্রতিক্ষেত্রেই জল বিযুক্ত হয়।

$$C_6H_5CHO + H_2NOH \rightarrow \underset{(I)}{C_6H_5CH} = NOH + H_2O$$
$$C_6H_5CHO + H_2N{\cdot}NHC_6H_5 \rightarrow \underset{(II)}{C_6H_5CH} = N{\cdot}NOC_6H_5 + H_2O$$
$$C_6H_5CHO + H_2N{\cdot}NHCONH_2 \rightarrow \underset{(III)}{C_6H_5CH} = N{\cdot}NHCONH_2 + H_2O$$

অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইডের থেকে বেনজালডিহাইডের (বা অন্যান্য অ্যালডিহাইডের) ভিন্ন ধরনের বিক্রিয়াসমূহ বা পার্থক্য : (1) বেনজালডিহাইড ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে না। (2) এটি বহুগুণন বিক্রিয়া করে না। কস্টিক ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে বেনজালডিহাইডের বিক্রিয়ায় রজন উৎপন্ন হয় না, কিন্তু ক্যানিজারো বিক্রিয়া করে।

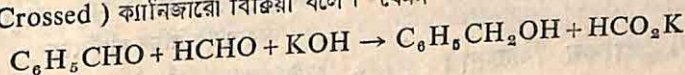
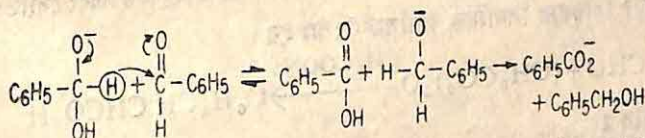
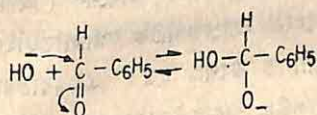
যে সমস্ত অ্যালডিহাইডে ৫ হাইড্রোজেন নেই, সেই সমস্ত অ্যালডিহাইড কস্টিক ক্ষারের ইথানল দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এক অণু অ্যালডিহাইড জারিত হয়ে অ্যাসিডে এবং অপর এক অণু বিজারিত হয়ে কোহলে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়াটিকে ক্যানিজারো বিক্রিয়া বলে। যেহেতু সমস্ত অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইডে ৫ হাইড্রোজেন নেই, অতএব সমস্ত অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইড ক্যানিজারো বিক্রিয়া দেখায়। বেনজালডিহাইড ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় বেনজোয়িক অ্যাসিড ও বেনজাইল কোহলে পরিণত হয়।

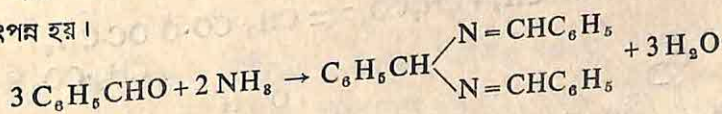
$$2\,C_6H_5CHO + KOH \rightarrow C_6H_5COOK + C_6H_5CH_2OH$$

ফরম্যালডিহাইডে ৫ হাইড্রোজেন না থাকায় এটিও ক্যানিজারো বিক্রিয়া দেখায়। দুটি ভিন্ন ধরনের অ্যালডিহাইডের মধ্যে ক্যানিজারো বিক্রিয়া হলে তাকে আড়াআড়ি (Crossed) ক্যানিজারো বিক্রিয়া বলে। যেমন

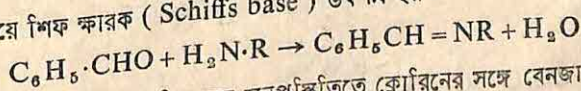
$$C_6H_5CHO + HCHO + KOH \rightarrow C_6H_5CH_2OH + HCO_2K$$

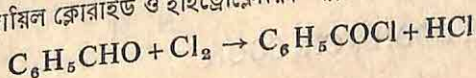
ক্রিয়াবিধি ঃ

$$H\bar{O} + C_6H_5-\underset{\underset{O}{\parallel}}{\overset{H}{C}} \rightleftharpoons HO-\underset{O^-}{\overset{H}{C}}-C_6H_5$$

$$C_6H_5-\underset{OH}{\overset{O^-}{C}}-H + \underset{H}{\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}}-C_6H_5 \rightleftharpoons C_6H_5-\underset{OH}{\overset{O}{\overset{\parallel}{C}}} + H-\underset{H}{\overset{O^-}{C}}-C_6H_5 \rightarrow C_6H_5CO_2^- + C_6H_5CH_2OH$$

(3) বেনজালডিহাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় হাইড্রোবেনজামাইড উৎপন্ন হয়।

$$3\,C_6H_5CHO + 2\,NH_3 \rightarrow C_6H_5CH\begin{cases}N=CHC_6H_5\\N=CHC_6H_5\end{cases} + 3\,H_2O$$

(4) প্রাথমিক অ্যামিনের সঙ্গে বেনজালডিহাইডের বিক্রিয়ায় জলের অণু বিযুক্ত হয়ে শিফ ক্ষারক (Schiffs base) উৎপন্ন হয়।

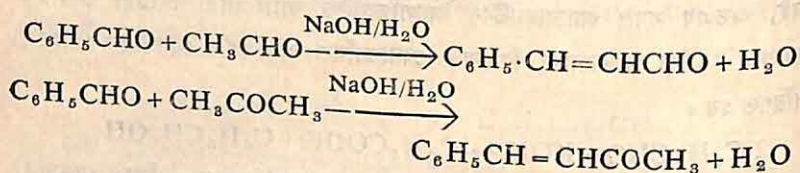
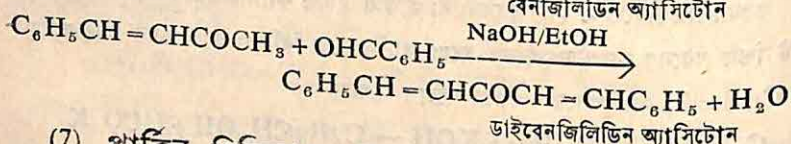
$$C_6H_5\cdot CHO + H_2N\cdot R \rightarrow C_6H_5CH=NR + H_2O$$

(5) হ্যালোজেন কেরিয়ারের অনুপস্থিতিতে ক্লোরিনের সঙ্গে বেনজালডিহাইডের বিক্রিয়ায় বেনজোয়িল ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CHO + Cl_2 \rightarrow C_6H_5COCl + HCl$$

বেনজালডিহাইডের সংঘনন বিক্রিয়াঃ (6) ক্লেজেন বিক্রিয়া (Claisen reaction)ঃ লঘু ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে বেনজালডিহাইডের সঙ্গে α-হাইড্রোজেন বিশিষ্ট অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড বা কিটোনের বিক্রিয়ায় $\alpha\beta$ অসম্পৃক্ত অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন হয়। যেমন অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে সিনাম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CHO + CH_3CHO \xrightarrow{NaOH/H_2O} C_6H_5 \cdot CH{=}CHCHO + H_2O$$

$$C_6H_5CHO + CH_3COCH_3 \xrightarrow{NaOH/H_2O} C_6H_5CH{=}CHCOCH_3 + H_2O$$

বেনজিলিডিন অ্যাসিটোন

$$C_6H_5CH{=}CHCOCH_3 + OHCC_6H_5 \xrightarrow{NaOH/EtOH} C_6H_5CH{=}CHCOCH{=}CHC_6H_5 + H_2O$$

ডাইবেনজিলিডিন অ্যাসিটোন

(7) **পার্কিন বিক্রিয়াঃ** দুটি α হাইড্রোজেন বিশিষ্ট অ্যালিফ্যাটিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইডের এবং ঐ অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণের (অনার্দ্র) মিশ্রণের সঙ্গে বেনজালডিহাইডের (বা যে কোন অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইড) সংঘনন বিক্রিয়ায় β অ্যারাইল অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে পার্কিন বিক্রিয়া বলে। বেনজালডিহাইড, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড এবং সোডিয়াম অ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় সিনামিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CHO + (CH_3CO_2)_2O \xrightarrow{CH_3COONa} C_6H_5CH{:}CHCO_2H$$

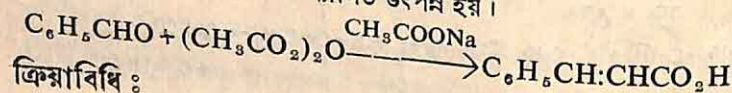
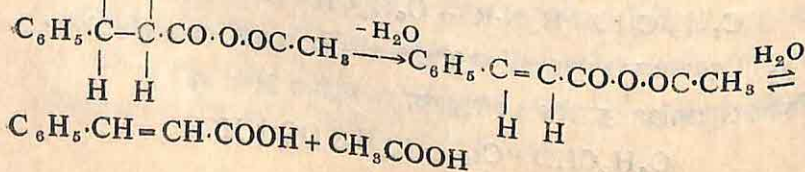
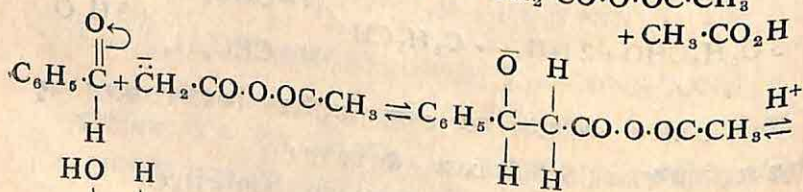
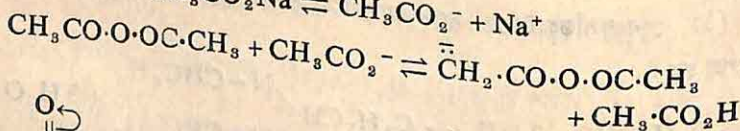
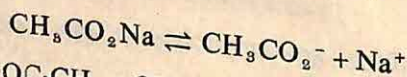
ক্রিয়াবিধি ঃ

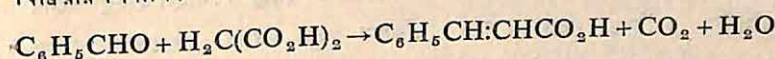
$$CH_3CO_2Na \rightleftharpoons CH_3CO_2^- + Na^+$$

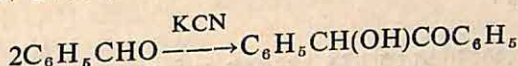
$$CH_3CO{\cdot}O{\cdot}OC{\cdot}CH_3 + CH_3CO_2^- \rightleftharpoons \ddot{C}H_2{\cdot}CO{\cdot}O{\cdot}OC{\cdot}CH_3 + CH_3{\cdot}CO_2H$$

$$C_6H_5{\cdot}\overset{O}{\overset{\|}{C}}(H) + \ddot{C}H_2{\cdot}CO{\cdot}O{\cdot}OC{\cdot}CH_3 \rightleftharpoons C_6H_5{\cdot}\overset{\bar{O}}{C}(H)-\overset{H}{C}(H){\cdot}CO{\cdot}O{\cdot}OC{\cdot}CH_3 \overset{H^+}{\rightleftharpoons}$$

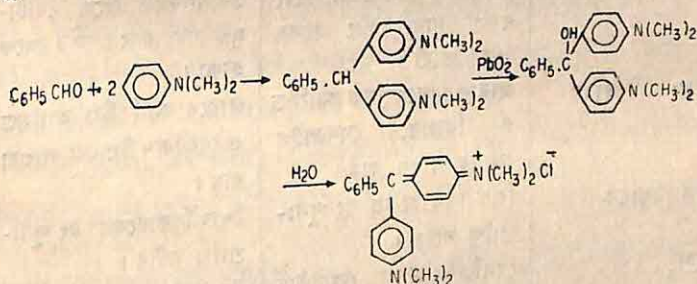
$$C_6H_5{\cdot}\overset{HO}{C}(H)-\overset{H}{C}(H){\cdot}CO{\cdot}O{\cdot}OC{\cdot}CH_3 \xrightarrow{-H_2O} C_6H_5{\cdot}\underset{H}{C}{=}\underset{H}{C}{\cdot}CO{\cdot}O{\cdot}OC{\cdot}CH_3 \overset{H_2O}{\rightleftharpoons}$$

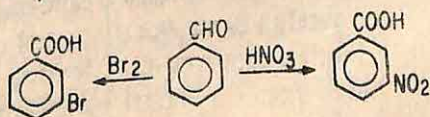
$$C_6H_5{\cdot}CH{=}CH{\cdot}COOH + CH_3COOH$$

(8) **নভেন্যাগেল বিক্রিয়া** (Knoevenagel reaction) : পিরিডিনের উপস্থিতিতে ম্যালোনিক অ্যাসিডের ইথানল দ্রবণের সঙ্গে বেনজালডিহাইডের বিক্রিয়ায় সিনামিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CHO + H_2C(CO_2H)_2 \rightarrow C_6H_5CH{:}CHCO_2H + CO_2 + H_2O$$

(9) **বেনজোয়িন সংঘনন** (Benzoin condensation) : ইথানল মিশ্রিত পটাশিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে বেনজালডিহাইডের বিক্রিয়ায় বেনজোয়িন উৎপন্ন হয়।

$$2C_6H_5CHO \xrightarrow{KCN} C_6H_5CH(OH)COC_6H_5$$

(10) **ট্রাইফিনাইল মিথেন যৌগ প্রস্তুতি** : ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজালডিহাইডের সঙ্গে আরোম্যাটিক তৃতীয়ক অ্যামিনের বিক্রিয়ায় ট্রাইফিনাইল মিথেন যৌগ উৎপন্ন হয়। HCl-এর উপস্থিতিতে যাকে লেড ডাই-অক্সাইড দিয়ে জারণে কার্বিনল উৎপন্ন হয়। যা জল বিযুক্ত করে ম্যালাকাইট গ্রীন (Malachite green) নামে রঞ্জক বস্তু উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CHO + 2\,C_6H_4N(CH_3)_2 \rightarrow C_6H_5.CH[C_6H_4N(CH_3)_2]_2 \xrightarrow{PbO_2} C_6H_5.C(OH)[C_6H_4N(CH_3)_2]_2$$

$$\xrightarrow{H_2O} C_6H_5C(C_6H_4N(CH_3)_2){=}C_6H_4{=}\overset{+}{N}(CH_3)_2\,\overset{-}{Cl}$$

(11) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া** : ব্রোমিন, নাইট্রিক অ্যাসিড বেনজালডিহাইডের বেনজিন চক্রে কেবলমাত্র প্রতিস্থাপনই করে না, উপরন্তু অ্যালডিহাইড মূলককে জারিত করে কার্বক্সিল মূলকে পরিণত করে। অ্যালডিহাইড মূলক মেটা নির্দেশক বলে আগত মূলকটি মেটা অবস্থানে স্থান নেয়।

$$m\text{-}BrC_6H_4COOH \xleftarrow{Br_2} C_6H_5CHO \xrightarrow{HNO_3} m\text{-}NO_2C_6H_4COOH$$

মেটাব্রোমো বেনজোয়িক অ্যাসিড মেটানাইট্রো বেনজোয়িক অ্যাসিড

সনাক্তকরণ : (i) তেতো বাদামের মত গন্ধবিশিষ্ট যৌগ এবং শিফের বিকারকের মেজেন্টা রং আস্তে আস্তে পুনঃপ্রাপ্তি ঘটায়। (ii) সোডিয়াম বাইসালফাইটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। (iii) ফিনাইল হাইড্রাজিনের অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। (iv) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজালডিহাইডকে ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের সঙ্গে উত্তপ্ত করার পর লেড ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ম্যালাকাইট গ্রীন নামে রঞ্জন বস্তু উৎপন্ন হয়।

ব্যবহার : বেনজোয়িল ক্লোরাইড, সিনামিক অ্যাসিড এবং ম্যালাকাইট গ্রীন প্রস্তুতিতে এবং সুগন্ধি করার জন্য বেনজালডিহাইড ব্যবহৃত হয়।

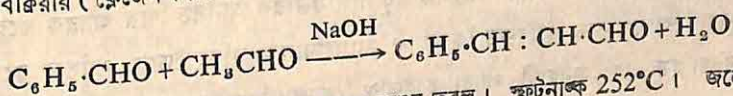
অ্যাসিট্যালডিহাইড ও বেনজালডিহাইডের মধ্যে তুলনা

	বেনজালডিহাইড	অ্যাসিট্যালডিহাইড
1. ভৌত ধর্ম	তেতো বাদামের মত গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন তরল, জলে স্বল্প দ্রাব্য এবং জলের থেকে ভারী।	বিশিষ্ট গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল, জলে মোটামুটি দ্রাব্য এবং জলের থেকে হাল্কা।
2. জারণ ও বিজারণ	জারণে বেনজোয়িক অ্যাসিড ও বিজারণে বেনজাইল কোহল পাওয়া যায়।	জারণে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও বিজারণে ইথানল পাওয়া যায়।
3. শিফ বিকারক	শিফ বিকারকের রং পুনঃপ্রাপ্তি ঘটায়।	শিফ বিকারকের রং পুনঃপ্রাপ্তি ঘটায়।
4. PCl_5	বেনজিলিডিন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।	ইথিলিডিন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।
5. অ্যামোনিয়াকৃত $AgNO_3$ দ্রবণ	বিজারিত করে সিলভার মিরর উৎপন্ন করে।	বিজারিত করে 'সিলভার মিরর' উৎপন্ন করে।
6. HCN, NH_2OH, $C_6H_5{\cdot}NH{\cdot}NH_2$, $NaHSO_3$	সায়ানো হাইড্রিন, অক্সিম, ফিনাইল হাইড্রাজোন, সোডিয়াম বাই সালফাইট (যুতযৌগ) উৎপন্ন করে।	সায়ানো হাইড্রিন, অক্সিম, ফিনাইল হাইড্রোজেন, সোডিয়াম বাই সালফাইট (যুতযৌগ) উৎপন্ন করে।
7. ফেলিং দ্রবণ	বিজারিত করতে পারে না।	বিজারিত করতে পারে।
8. ক্ষার দ্রবণ	ক্যানিজারো বিক্রিয়া দেখায়।	অ্যালডল সংঘনন ও রজন উৎপাদন করে।

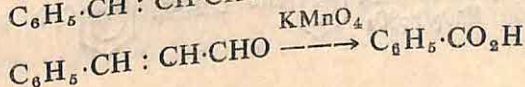
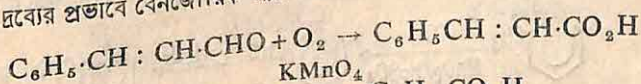
	বেনজালডিহাইড	অ্যাসিট্যালডিহাইড
9. NH_3	হাইড্রোবেনজামাইড উৎপন্ন হয়।	অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া যুতযৌগ উৎপন্ন হয়।
10. বহুগুণন	হয় না।	হয়।
11. ক্লোরিন	বেনজোয়িল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।	ক্লোরাল উৎপন্ন হয়।
12. পার্কিন বিক্রিয়া [CH_3COONa, $(CH_3CO)_2O$]	দেখায়।	দেখায় না।
13. ক্লেজেন বিক্রিয়া [$CH_3 \cdot CHO$/ NaOH]	দেখায়।	দেখায় না।
14. KCN	বেনজোয়িন সংঘনন বিক্রিয়া দেখায়।	কোন বিক্রিয়া হয় না।

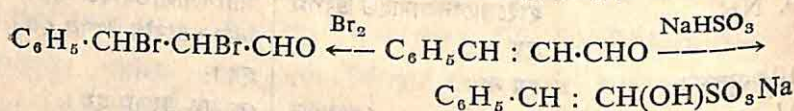
সিনাম্যালডিহাইড, $C_6H_5 \cdot CH : CH \cdot CHO$: দারুচিনি তেলের অন্যতম প্রধান উপাদান হলো সিনাম্যালডিহাইড। এছাড়া অন্যান্য অনেক উদ্বায়ী তেলে (নির্যাসে) (Essential oil) পাওয়া যায়। দারুচিনি তেলে গাঢ় সোডিয়াম বাইসালফাইট দ্রবণ যোগ করে সিনাম্যালডিহাইডকে যুতযৌগ করে পৃথক করে পরে অ্যাসিড মিশিয়ে সিনাম্যালডিহাইকে বার করে নেওয়া হয়।

ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে বেনজালডিহাইডের সঙ্গে অ্যাসিট্যালডিহাইডের বিক্রিয়ায় (ক্লেজেন বিক্রিয়া) সিনাম্যালডিহাইডকে প্রস্তুত করা যায়।

$$C_6H_5 \cdot CHO + CH_3CHO \xrightarrow{NaOH} C_6H_5 \cdot CH : CH \cdot CHO + H_2O$$

সিনাম্যালডিহাইড মিষ্টি গন্ধযুক্ত হলুদ রঙের তরল। স্ফুটনাঙ্ক 252°C। জলে খুব কম দ্রাব্য কিন্তু ইথারে খুবই দ্রাব্য। এর মিষ্টি গন্ধের জন্য সুগন্ধি দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। বাতাসে সিনাম্যালডিহাইড জারিত হয়ে সিনামিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। মৃদু জারক অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে সিনাম্যালডিহাইড সিনামিক অ্যাসিডে পরিণত হয়, কিন্তু আম্লিক পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ন্যায় শক্তিশালী জারক দ্রব্যের প্রভাবে বেনজোয়িক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

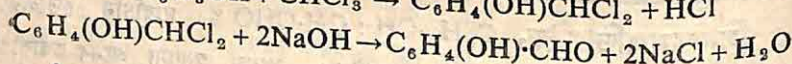
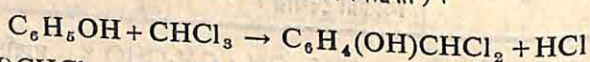
$$C_6H_5 \cdot CH : CH \cdot CHO + O_2 \rightarrow C_6H_5CH : CH \cdot CO_2H$$

$$C_6H_5 \cdot CH : CH \cdot CHO \xrightarrow{KMnO_4} C_6H_5 \cdot CO_2H$$

সোডিয়াম বাই সালফাইট ও ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সিনাম্যালডিহাইড যথাক্রমে সোডিয়াম বাইসালফাইট যুতযৌগ এবং ডাইব্রোমো সিনাম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

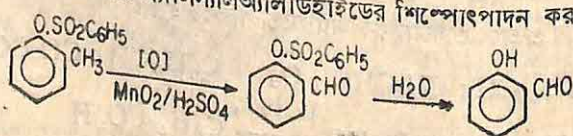
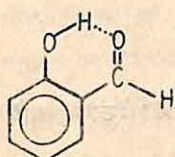
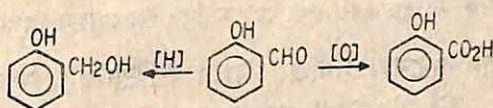
$$C_6H_5 \cdot CHBr \cdot CHBr \cdot CHO \xleftarrow{Br_2} C_6H_5CH : CH \cdot CHO \xrightarrow{NaHSO_3} C_6H_5 \cdot CH : CH(OH)SO_3Na$$

স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইড (অর্থো হাইড্রক্সি বেনজালডিহাইড), HOC_6H_4CHO : এটি একটি ফিনলিক অ্যালডিহাইড। স্যালিসিন (Salicin) নামে একপ্রকার গ্লুকোসাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণে স্যালিজেনিন বা অর্থোহাইড্রক্সি বেনজাইল কোহল পাওয়া যায়। যাকে জারণে স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। উইলো গাছের ছালে স্যালিসিন পাওয়া যায়।

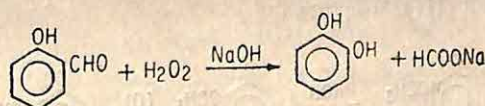
প্রস্তুতি : ফিনলের ক্ষারীয় দ্রবণের সঙ্গে ক্লোরোফর্মের বিক্রিয়ায় স্যালিস্যাল-অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়। (রাইমার টিম্যান বিক্রিয়া)।

$$C_6H_5OH + CHCl_3 \rightarrow C_6H_4(OH)CHCl_2 + HCl$$

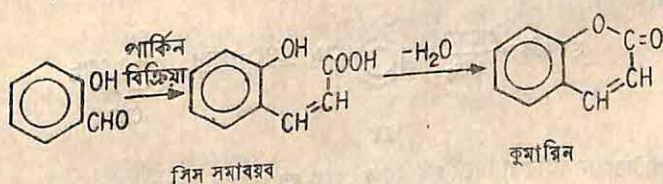
$$C_6H_4(OH)CHCl_2 + 2NaOH \rightarrow C_6H_4(OH) \cdot CHO + 2NaCl + H_2O$$

রিফ্লাক্স শীতকযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে ফিনল (20 গ্রাম) এবং কস্টিক সোডার (60 গ্রাম) দ্রবণ নিয়ে উত্তপ্ত করে দ্রবীভূত করা হয়। ঐ দ্রবণকে 60°-70°C-এ ঠাণ্ডা করে ক্লোরোফর্ম (50 গ্রাম) অল্প অল্প করে যোগ করে ঝাঁকানো হয়। ক্লোরোফর্ম মেশানো শেষ হয়ে গেলে ঐ মিশ্রণটিকে 2-3 ঘণ্টা ধরে রিফ্লাক্স করা হয়। পরে ঐ মিশ্রণে বাষ্প প্রবাহিত করে অবিকৃত ক্লোরোফর্মটিকে পাতিত করে বার করে দেওয়া হয়। এখন মিশ্রণটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আম্লিক করে পুনরায় বাষ্পপাতনে অবিকৃত ফিনল ও স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইডকে পাতিত করে নেওয়া হয় এবং অনুদ্বায়ী প্যারা হাইড্রক্সি বেনজালডিহাইড ফ্লাস্কে পড়ে থাকে। পাতিত বস্তুকে ইথার দিয়ে নিষ্কাশন করে ইথারকে পাতনে বার করে দিলে অশোধিত স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইড পাওয়া যায়, যাকে সোডিয়াম বাইসালফাইট দিয়ে পরিশোধিত করা হয়।

অর্থো ক্রোসাইল বেনজিন সালফোনেটকে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$C_6H_4(O.SO_2C_6H_5)CH_3 \xrightarrow[MnO_2/H_2SO_4]{[O]} C_6H_4(O.SO_2C_6H_5)CHO \xrightarrow{H_2O} C_6H_4(OH)CHO$$

ধর্ম ঃ স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইড মিষ্টিগন্ধযুক্ত তেলের মত তরল। স্ফুটনাঙ্ক 197°C। জল ও ক্ষার দ্রবণে দ্রাব্য এবং দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়। এটির জলীয় দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড যোগে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়। স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইডের হাইড্রক্সিল ও অ্যালডিহাইড মূলক খুব কাছে আছে বলে হাইড্রক্সিল মূলকের হাইড্রোজেন ও অ্যালডিহাইডের অক্সিজেনের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী দিয়ে যুক্ত থাকে। ফলে স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইড অধিক উদ্বায়ী (মেটা ও প্যারা যৌগে থাকে) এবং কম সক্রিয় হয়। স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইডের জারণে স্যালিস্যালিক অ্যাসিডে এবং বিজারণে অর্থো হাইড্রক্সি বেনজাইল কোহলে পরিণত হয়।

$$C_6H_4(OH)CH_2OH \xleftarrow{[H]} C_6H_4(OH)CHO \xrightarrow{[O]} C_6H_4(OH)CO_2H$$

স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইডকে ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পার অক্সাইড দিয়ে জারণে ক্যাটিচলে (Catechol) পরিণত হয়।

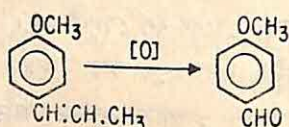
$$C_6H_4(OH)CHO + H_2O_2 \xrightarrow{NaOH} C_6H_4(OH)OH + HCOONa$$

স্যালিস্যালঅ্যালডিহাইডের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ও সোডিয়াম অ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় (পার্কিন বিক্রিয়া) অর্থো হাইড্রক্সি সিনামিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যার সিস সমাবয়বটি জলের অনু বিযুক্ত করে ল্যাকটোনে পরিণত হয়, যাকে কুমারিন (Coumarin) বলে।

$$C_6H_4(OH)CHO \xrightarrow{\text{পার্কিন বিক্রিয়া}} C_6H_4(OH)CH{=}CH{-}COOH \xrightarrow{-H_2O} C_6H_4 \begin{matrix} O{-}C{=}O \\ CH{=}CH \end{matrix}$$

সিস সমাবয়ব কুমারিন

রঞ্জন বস্তু ও কুমারিন প্রস্তুতিতে স্যালিস্যালঅ্যালড়িহাইড ব্যবহৃত হয়।

অ্যানিস্যালডিহাইড বা প্যারামিথক্সি বেনজালডিহাইড ঃ প্রকৃতি থেকে প্রাপ্ত অনেক সুগন্ধি নির্যাসে অ্যানিস্যালডিহাইড পাওয়া যায়। অ্যানিথোলকে

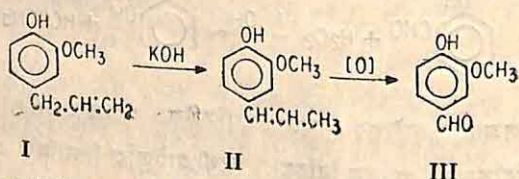
ওজোনোলিসিস বা ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে এটির শিল্পোৎপাদন করা হয়।

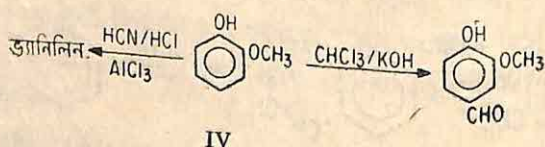
$$\underset{\text{CH:CH.CH}_3}{\overset{\text{OCH}_3}{C_6H_4}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{CHO}}{\overset{\text{OCH}_3}{C_6H_4}}$$

অ্যানিথোল

এছাড়া কস্টিক সোডার উপস্থিতিতে প্যারা হাইড্রক্সি বেনজালডিহাইডকে মিথাইল সালফেট দিয়ে মেথিলেশানে অ্যানিস্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়।

অ্যানিস্যালডিহাইড মিষ্টি গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 248°C। এটিকে জারণে অ্যানিসিক অ্যাসিড এবং বিজারণে অ্যানিসাইল কোহল উৎপন্ন হয়।

ভ্যানিলিন বা মেটা মিথক্সি প্যারা হাইড্রক্সি বেনজালডিহাইড (Vanillin) : মটর, সীম, ইত্যাদি ডালের খোলায় ভ্যানিলিন পাওয়া যায়। লবঙ্গ তেলের অন্যতম উপাদান ইউজিনলকে (Eugenol) (I) কস্টিক পটাশ দিয়ে উত্তপ্ত করে সমাবয়ব যৌগ আইসোইউজিনলে (II) পরিণত করে, নাইট্রোবেনজিন দিয়ে জারণে ভ্যানিলিন (III) পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{I}}{\underset{\text{CH}_2\text{.CH:CH}_2}{\overset{\text{OH}}{C_6H_3}}\text{OCH}_3} \xrightarrow{\text{KOH}} \underset{\text{II}}{\underset{\text{CH:CH.CH}_3}{\overset{\text{OH}}{C_6H_3}}\text{OCH}_3} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{III}}{\underset{\text{CHO}}{\overset{\text{OH}}{C_6H_3}}\text{OCH}_3}$$

গুইয়াকলকে (IV) ক্লোরোফর্ম ও কস্টিক পটাশ দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করে ভ্যানিলিন প্রস্তুত করা যায়। [রাইমার টিম্যান বিক্রিয়া]।

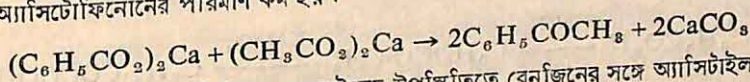
$$\text{ভ্যানিলিন} \xleftarrow[\text{AlCl}_3]{\text{HCN/HCl}} \underset{\text{IV}}{\overset{\text{OH}}{C_6H_4}\text{OCH}_3} \xrightarrow{\text{CHCl}_3\text{/KOH}} \underset{\text{CHO}}{\overset{\text{OH}}{C_6H_3}}\text{OCH}_3$$

গ্যাটারম্যান বিক্রিয়া দিয়ে গুইয়াকল থেকে ভ্যানিলিন প্রস্তুত করা যায়।

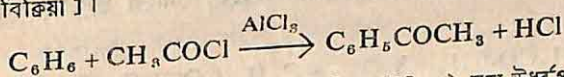
ভ্যানিলিন সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 81°C। ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে নীল রঙ উৎপন্ন করে। মিষ্টান্ন এবং আইসক্রীমকে সুগন্ধি করতে ভ্যানিলিন ব্যবহৃত হয়।

অ্যারোম্যাটিক কিটোন ঃ অ্যারোম্যাটিক কিটোনে কিটো মূলকে দুটি অ্যারাইল মূলক বা একটি অ্যারাইল এবং একটি অ্যালকাইল মূলক যুক্ত থাকতে পারে।

অ্যাসিটোফিনোন বা মিথাইল ফিনাইল কিটোন, $C_6H_5COCH_3$ ঃ অ্যালিফ্যাটিক কিটোনের মত অ্যারোম্যাটিক কিটোনদের দ্বিতীয়ক কোহলকে জারিত করে প্রস্তুত করা হয় না। কারণ অ্যারোম্যাটিক দ্বিতীয়ক কোহল পাওয়া বেশ কঠিন।

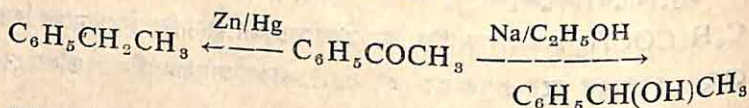
প্রস্তুতি ঃ (1) ক্যালসিয়াম বেনজোয়েট ও ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট মিশ্রণকে অন্তর্ধূম পাতনে অ্যাসিটোফিনোন প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু পার্শ্ববিক্রিয়ার দরুন অ্যাসিটোফিনোনের পরিমাণ কম হয়।

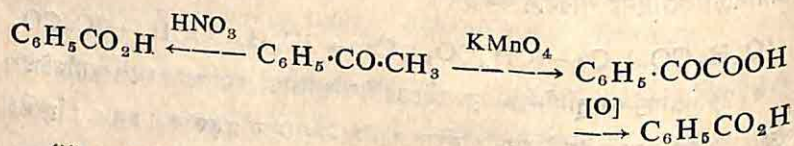
$$(C_6H_5CO_2)_2Ca + (CH_3CO_2)_2Ca \rightarrow 2C_6H_5COCH_3 + 2CaCO_3$$

(2) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বা অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোফিনোন প্রস্তুত করা হয়। [ফ্রিডেল ক্র্যাফ্‌ট বিক্রিয়া]।

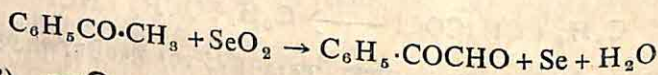
$$C_6H_6 + CH_3COCl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5COCH_3 + HCl$$

রিফ্লাক্স শীতকযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে বেনজিন (25 cc) সদ্য উর্ধ্বপাতিত অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড (20 গ্রাম) নিয়ে ফ্লাস্কটিকে বরফজলে ঠাণ্ডা করা হয়। পরে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড (8 গ্রাম) অল্প অল্প করে যোগ করে ঝাঁকানো হয়। অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড যোগ করা শেষ হয়ে গেলে ফ্লাস্কটিকে জলগাহে উত্তপ্ত করা হয়, যতক্ষণ না হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নির্গমন বন্ধ হয়। অবশেষে উৎপন্ন পদার্থকে গুড়ো বরফ জলের মধ্যে ঢেলে দেওয়া হয়। এতে অপরিবর্তিত বেনজিন ও অ্যাসিটোফিনোন জলের উপর ভেসে ওঠে। বিচ্ছেদক ফানেলের সাহায্যে উপরের ভাসমান বেনজিন ও অ্যাসিটোফিনোন স্তরকে আলাদা করে জল ও লঘু ক্ষার দ্রবণ দিয়ে ধুয়ে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে অপসারিত করা হয়। পরে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে জল অপসারণের পর, বেনজিনকে পাতিত করে দূর করা হয় এবং অশোধিত বেনজোফিনোনকে পাতন (196-202°C) করে বিশুদ্ধ করা হয়।

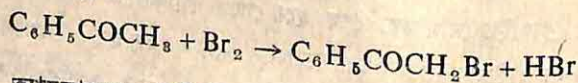
ধর্ম ঃ অ্যাসিটোফিনোন সুন্দর গন্ধযুক্ত কম গলনাঙ্কের কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 20°C। জলে সামান্য দ্রাব্য, কিন্তু কোহল ও ইথারে দ্রাব্য।

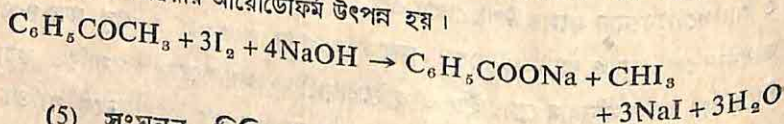
রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) বিজারণ ঃ অ্যাসিটোফিনোনকে সোডিয়াম ও ইথানল দিয়ে বিজারণে মিথাইল ফিনাইল কার্বিনল এবং ক্লিমেন্সন বিজারণে (Zn/Hg ; HCl) ইথাইল বেন্জিন পাওয়া যায়।

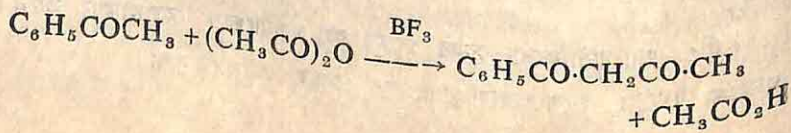
$$C_6H_5CH_2CH_3 \xleftarrow{Zn/Hg} C_6H_5COCH_3 \xrightarrow{Na/C_2H_5OH} C_6H_5CH(OH)CH_3$$

(2) জারণ ঃ (i) অ্যাসিটোফিনোনকে লঘু ও শীতল পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে জারণে প্রথমে ফিনাইল গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিড ও পরে বেনজোয়িক অ্যাসিডে পরিণত হয়, কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

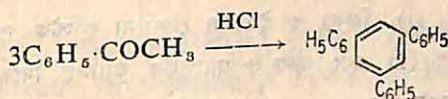
$$C_6H_5CO_2H \xleftarrow{HNO_3} C_6H_5{\cdot}CO{\cdot}CH_3 \xrightarrow{KMnO_4} C_6H_5{\cdot}COCOOH \xrightarrow{[O]} C_6H_5CO_2H$$

(ii) সেলেনিয়াম ডাই-অক্সাইড দিয়ে জারণে ফিনাইল গ্লাইঅক্জাল পাওয়া যায়।

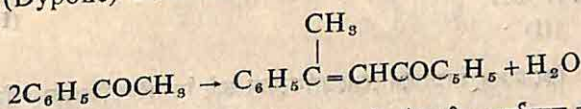
$$C_6H_5CO{\cdot}CH_3 + SeO_2 \rightarrow C_6H_5{\cdot}COCHO + Se + H_2O$$

(3) ব্রোমিনের সঙ্গে ঃ অল্প অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে 0°C-এ অ্যাসিটোফিনোনের ইথার দ্রবণের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় ফিনাসিল ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5COCH_3 + Br_2 \rightarrow C_6H_5COCH_2Br + HBr$$

(4) আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া ঃ অ্যাসিটোফিনোনের সঙ্গে আয়োডিন ও ক্ষার দ্রবণের বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5COCH_3 + 3I_2 + 4NaOH \rightarrow C_6H_5COONa + CHI_3 + 3NaI + 3H_2O$$

(5) সংঘনন বিক্রিয়া ঃ (i) বোরন ট্রাইফ্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটোফিনোন অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজোয়িল অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয়।

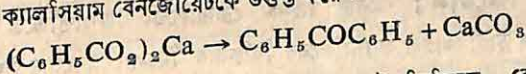
$$C_6H_5COCH_3 + (CH_3CO)_2O \xrightarrow{BF_3} C_6H_5CO{\cdot}CH_2CO{\cdot}CH_3 + CH_3CO_2H$$

(ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে S বা অ্যাসিটোফিনোন 1, 3, 5 ট্রাইফিনাইল বেনজিনে পরিণত হয়।

$$3C_6H_5{\cdot}COCH_3 \xrightarrow{HCl} C_6H_3(C_6H_5)_3$$

(iii) অ্যালুমিনিয়াম টার-বিউট-অক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটোফিনোন ডাইপোন (Dypone) উৎপন্ন করে।

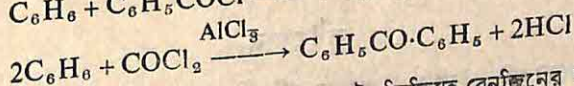
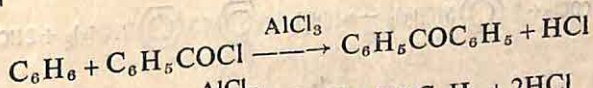
$$2C_6H_5COCH_3 \rightarrow C_6H_5\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}{=}CHCOC_6H_5 + H_2O$$

ব্যবহার ঃ সুগন্ধি দ্রব্য ফিনাসিন, ব্রোমো যৌগ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে অ্যাসিটোফিনোন ব্যবহৃত হয়। আগে ঘুমের ওষুধ হিসাবে ব্যবহৃত হত।

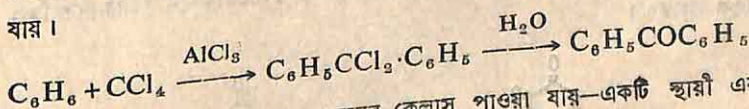
বেনজোফিনোন বা ডাইফিনাইল কিটোন, $C_6H_5COC_6H_5$ ঃ অ্যাসিটোফিনোনের মত বেনজোফিনোনকেও প্রস্তুত করা যায়। যেমন,

(i) ক্যালসিয়াম বেনজোয়েটকে উত্তপ্ত করে।

$$(C_6H_5CO_2)_2Ca \rightarrow C_6H_5COC_6H_5 + CaCO_3$$

(ii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে বেনজোয়িল ক্লোরাইডের বা কার্বনিল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় বেনজোফিনোল উৎপন্ন করা যায়।

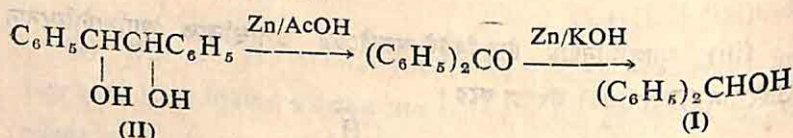
$$C_6H_6 + C_6H_5COCl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5COC_6H_5 + HCl$$

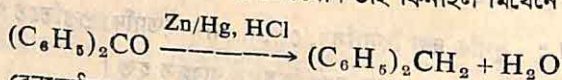
$$2C_6H_6 + COCl_2 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CO{\cdot}C_6H_5 + 2HCl$$

(iii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজোফিনোন পাওয়া যায়।

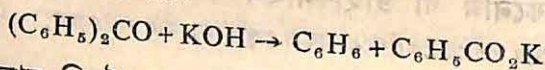
$$C_6H_6 + CCl_4 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CCl_2{\cdot}C_6H_5 \xrightarrow{H_2O} C_6H_5COC_6H_5$$

ধর্ম ঃ বেনজোফিনোনের দু ধরনের কেলাস পাওয়া যায়—একটি স্থায়ী এবং গলনাঙ্ক 49°C এবং অপরটি অস্থায়ী ও গলনাঙ্ক 26°C। বেনজোফিনোনের স্ফুটনাঙ্ক 306°C।

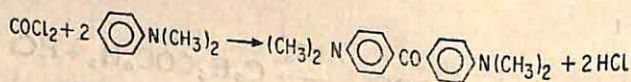
রাসায়নিক ধর্ম ঃ বেনজোফিনোনের রাসায়নিক ধর্ম অ্যাসিটোফিনোনের মত। তবে সোডিয়াম বাইসালফাইট যুতযৌগ দেয় না।

(1) **বিজারণ ঃ** (i) জিঙ্ক ও ইথানল মেশানো কস্টিক পটাশ দিয়ে বিজারণে বেনজোহাইড্রল (I) এবং জিঙ্ক ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারণে বেনজোপিনাকল (II) পাওয়া যায়।

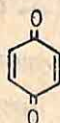
$$\underset{\text{(II)}}{C_6H_5\underset{OH}{\underset{|}{C}}H\underset{OH}{\underset{|}{C}}HC_6H_5} \xleftarrow{Zn/AcOH} (C_6H_5)_2CO \xrightarrow{Zn/KOH} \underset{\text{(I)}}{(C_6H_5)_2CHOH}$$

(ii) ক্লিমেনসন বিজারণে বেনজোফিনোন ডাই ফিনাইল মিথেনে পরিণত হয়।

$$(C_6H_5)_2CO \xrightarrow{Zn/Hg,\ HCl} (C_6H_5)_2CH_2 + H_2O$$

(2) বেনজোফিনোনকে ক্ষারের সঙ্গে উত্তপ্ত করে গলিয়ে ফেললে বেনজিন ও বেনজোয়েট লবণ পাওয়া যায়।

$$(C_6H_5)_2CO + KOH \rightarrow C_6H_6 + C_6H_5CO_2K$$

মিচলার কিটোন ঃ অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় মিচলার কিটোন উৎপন্ন হয়। মিচলার কিটোন বেনজোফিনোনের একটি অতি প্রয়োজনীয় জাতক, যার থেকে রঞ্জন বস্তু প্রস্তুত করা যায়।

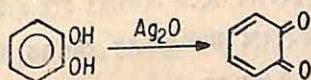
$$COCl_2 + 2\,C_6H_5N(CH_3)_2 \rightarrow (CH_3)_2N\text{-}C_6H_4\text{-}CO\text{-}C_6H_4\text{-}N(CH_3)_2 + 2HCl$$

কুইনোন

বেনজিনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি অক্সিজেন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে যে ডাই কিটো যৌগ পাওয়া যায় তাদের কুইনোন (বেনজো) বলে। অর্থো ও প্যারা এই দুটি বেনজিনের কুইনোন সম্ভব, কিন্তু মেটা বেনজোকুইনোন গঠনগত দিক থেকে অসম্ভব।

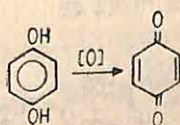
অর্থো বেনজোকুইনোন

প্যারা বেনজোকুইনোন

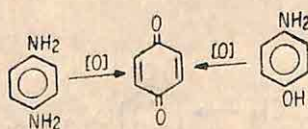
ন্যাপথালিন, অ্যানথ্রাসিন, ফিনানথ্রাসিন ইত্যাদি যৌগেরও কুইনোন যৌগ হয়, যাদের যথাক্রমে ন্যাপথাকুইনোন, অ্যানথ্রাকুইনোন এবং ফিনানথ্রাকুইনোন বলে।

অর্থো বেনজোকুইনোন : অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেটের উপস্থিতিতে সিলভার অক্সাইড় দিয়ে ক্যাটিচলের শুষ্ক ইথার দ্রবণকে জারিত করে অর্থো বেনজো-কুইনোন পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(OH)_2 \xrightarrow{Ag_2O} C_6H_4O_2$$

অর্থো বেনজোকুইনোনের দু ধরনের কেলাস পাওয়া যায়—একটি সবুজ রঙের সূঁচের আকারের কঠিন। এটি অস্থায়ী। অপরটি স্থায়ী লাল রঙের কেলাসাকার কঠিন। অর্থো বেনজোকুইনোনের কোন গন্ধ নেই এবং এটি বাষ্প দিয়ে পাতিত হয় না। আম্লিক আয়োডাইডকে এটি জারিত করে আয়োডিন মুক্ত করে। সালফিউরাস অ্যাসিড অর্থো বেনজোকুইনোনকে বিজারিত করে ক্যাটিচলে পরিণত করে।

প্যারা বেনজোকুইনোন : এটিকে সাধারণত কুইনোন বলা হয়ে থাকে। কুইনোনকে জারণে প্যারা বেনজোকুইনোন পাওয়া যায়। জারকদ্রব্য হিসেবে ফেরিক ক্লোরাইড, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড, আম্লিক ডাইক্রোমেট বা ভ্যানাডিয়াম পেণ্টা অক্সাইডের উপস্থিতিতে সোডিয়াম ক্লোরেট ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

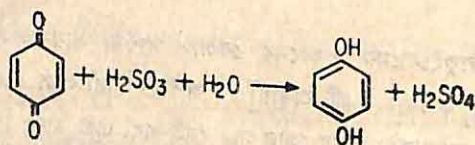
$$C_6H_4(OH)_2 \xrightarrow{[O]} C_6H_4O_2$$

অ্যানিলিন, প্যারা ফেনিলিন ডাই-অ্যামিন বা প্যারা অ্যামাইনো ফিনল ইত্যাদি যৌগকে ডাইক্রোমেট ও সালফিউটিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে কুইনোন পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(NH_2)_2 \xrightarrow{[O]} C_6H_4O_2 \xleftarrow{[O]} NH_2C_6H_4OH$$

ধর্ম : প্যারা বেনজোকুইনোন তীব্র গন্ধবিশিষ্ট হলুদ রঙের স্ফটিকাকার পদার্থ।

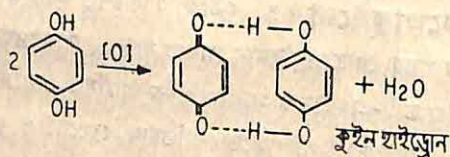
গলনাঙ্ক 116°C। উত্তপ্ত করলে উর্দ্ধ্বপাতিত হয়। জলে সামান্য দ্রাব্য এবং বাষ্প পাতন হয়। বাতাসে খুলে রাখলে ধূসর বর্ণে পরিণত হয়।

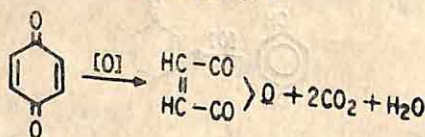
রাসায়নিক ধর্ম ঃ বেনজিনের মত কুইনোনে অনুবদ্ধ দ্বিবন্ধ নেই। তাই কুইনোনগুলির অ্যারোম্যাটিক ধর্মের চেয়ে অ্যালিফ্যাটিক ধর্ম বেশি লক্ষ্য করা যায়। কুইনোনে কিটোন মূলকের এবং অলিফিনের ধর্ম পরিলক্ষিত হয়।

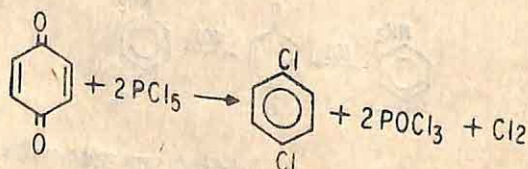
(1) **বিজারণ ঃ** কুইনোন সহজে বিজারিত হয়ে হাইড্রোকুইনোন বা কুইনলে পরিণত হয়। বিজারক হিসেবে সালফিউরাস অ্যাসিড, হাইড্রোজেন সালফাইড, সোডিয়াম সালফাইড ব্যবহার করা হয়।

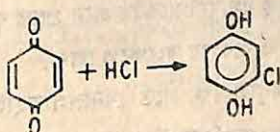
$$C_6H_4O_2 + H_2SO_3 + H_2O \longrightarrow C_6H_4(OH)_2 + H_2SO_4$$

অ্যাসিড মাধ্যমে কুইনহাইড্রোন (Quinhydrone) নামে অন্তরবর্তী যৌগ উৎপন্ন হয়।

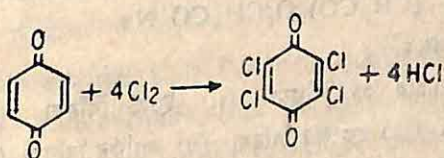
$$2\,C_6H_4(OH)_2 \xrightarrow{[O]} \text{O---H—O} \ldots \text{O---H—O} + H_2O$$

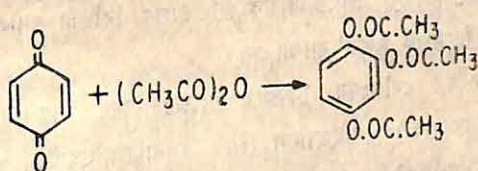
কুইনহাইড্রোন

(2) **জারণ ঃ** ভ্যানাডিয়াম পেণ্টা অক্সাইডের উপস্থিতিতে বায়ু দিয়ে জারণে কুইনোন ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়।

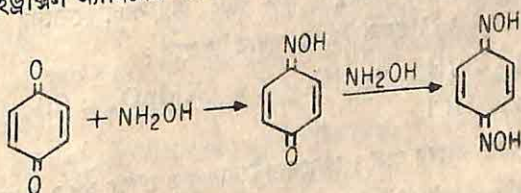
$$C_6H_4O_2 \xrightarrow{[O]} \begin{matrix} HC-CO \\ \| \\ HC-CO \end{matrix} \rangle O + 2CO_2 + H_2O$$

(3) PCl_5-এর সঙ্গে কুইনোনের বিক্রিয়ায় প্যারা ডাইক্লোরো বেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_4O_2 + 2PCl_5 \longrightarrow C_6H_4Cl_2 + 2POCl_3 + Cl_2$$

(4) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কুইনোন ক্লোরো হাইড্রোকুইনোন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_4O_2 + HCl \longrightarrow C_6H_3Cl(OH)_2$$

(5) ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপিত যৌগ টেট্রাক্লোরো কুইনোন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_4O_2 + 4Cl_2 \longrightarrow C_6Cl_4O_2 + 4HCl$$

(6) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে কুইনোনের বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সি কুইনল ট্রাইঅ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_4O_2 + (CH_3CO)_2O \longrightarrow C_6H_3(O.OC.CH_3)_3$$

(7) হাইড্রক্সিল অ্যামিনের সঙ্গে কুইনোনের বিক্রিয়ায় প্রথমে মনো অক্সিম এবং অতিরিক্ত হাইড্রক্সিল অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই অক্সিম উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_4O_2 + NH_2OH \longrightarrow C_6H_4O(NOH) \xrightarrow{NH_2OH} C_6H_4(NOH)_2$$

ব্যবহার: কুইনহাইড্রোন, ক্লোরোনিল, হাইড্রক্সি কুইনল প্রস্তুতিতে কুইনোন ব্যবহার করা হয়। কুইনহাইড্রোন pH মাপতে, ক্লোরোনিল ছত্রাকনাশক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. অ্যারোম্যাটিক কার্বনিল যৌগ কত প্রকার হয় ?
2. বেনজালডিহাইডকে রসায়নাগারে কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ? C_6H_5CHO এবং বিশিষ্ট ধর্ম ও ব্যবহার সংক্ষেপে লেখ ?
3. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কি শর্তে বেনজালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে এবং বিক্রিয়ায় কি পদার্থ উৎপন্ন হবে ?
   (i) KOH (ii) $CHCl_3/KOH$ (iii) HCN (iv) ফিনাইল হাইড্রাজিন (vi) হাইড্রোজেন (vii) $C_6H_5N(CH_2)_2$ (viii) $(CH_3CO)_2O/CH_3CO_2Na$
4. টীকা লেখ ঃ
   (i) গ্যাটার কচ বিক্রিয়া (ii) ইটার্ড বিক্রিয়া (iii) রোজেনমুণ্ড বিক্রিয়া (iv) ক্লেজেন বিক্রিয়া (v) পার্কিন বিক্রিয়া (vi) ক্যানিজারো বিক্রিয়া ।
5. বেনজালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের মধ্যে তুলনা কর ।
6. 'বেনজালডিহাইড অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইডের থেকে কম সক্রিয় এবং ইলেক্ট্রোফিলিক অ্যারোম্যাটিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া অ্যালডিহাইড মূলক মেটা নির্দেশক মূলক' ব্যাখ্যা কর ।
7. নিম্নলিখিত যৌগদের কিভাবে সংশ্লেষণ করা যায় । (i) সিনামিক অ্যাসিড (ii) বেনজোয়িন (iii) সিনাম্যালডিহাইড, (iv) ভ্যানিলিন (v) অ্যাসিটোফিনোন (vi) বেনজোফিনোন (vii) মিচলার কিটোন ।
8. অ্যাসিটোফিনোন ও বেনজোফিনোনকে কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ? নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলি কি শর্তে অ্যাসিটোফিনোনের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কি হবে ?
   (i) Zn/Hg ও HCl (ii) $KMnO_4$ (ii) $I_2/NaOH$ (iv) HCl
9. কুইনোন কাদের বলে ? বেনজোকুইনোন কত প্রকার হয় ? বেনজোকুইনোনের প্রস্তুতি ও বিশিষ্ট বিক্রিয়াগুলি সংক্ষেপে বল । কুইনহাইড্রোন কাকে বলে ?

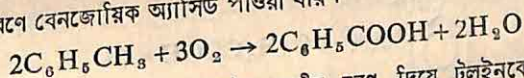
৩৫

অ্যারোম্যাটিক কার্বক্সিল অ্যাসিড সমূহ
Aromatic Carboxylic Acids

এক বা একাধিক কার্বক্সিল মূলক অ্যারোম্যাটিক চক্রে সরাসরি যুক্ত থাকলে, তাদের অ্যারোম্যাটিক কার্বক্সিল অ্যাসিড বলে। কিন্তু অ্যারোম্যাটিক চক্রে পার্শ্বশৃংখলে যুক্ত থাকলে তাদের অ্যারাইল প্রতিস্থাপিত অ্যালিফ্যাটিক অ্যাসিড বলে। অবশ্য এই শ্রেণীর সদস্যকেও অ্যারোম্যাটিক অ্যাসিড বলে।

বেনজোয়িক অ্যাসিড, C_6H_5COOH : গাম বেনজোয়িন নামে রজনে এবং টলু বালসাম (Tolu balsams) থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ঘোড়ার মূত্রে বেনজোয়িক অ্যাসিড হিপ্পুরিক অ্যাসিড বা বেনজোইল গ্লাইসিন হিসাবে বর্তমান।

প্রস্তুতি : (1) স্ট্যানিক ভ্যানাডেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে টলুইনকে বাতাস দিয়ে জারণে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

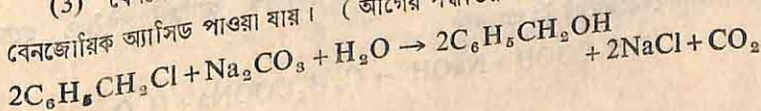
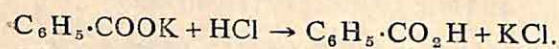
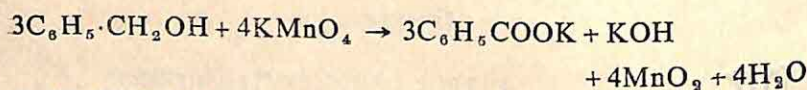
$$2C_6H_5CH_3 + 3O_2 \rightarrow 2C_6H_5COOH + 2H_2O$$

(2) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবণ দিয়ে টলুইনকে জারিত করে রসায়নাগারে বেনজোয়িক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

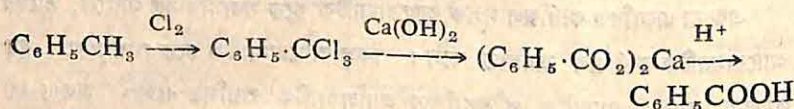
রিফ্লাক্স শীতকযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে টলুইন নিয়ে তারজালির উপর উত্তপ্ত করা হয় এবং শীতকে উপর থেকে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ অল্প অল্প যোগ করা হয়। পারম্যাঙ্গানেটের রঙ চলে গেলে আবার পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ যোগ করা হয় এবং তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। পরে দ্রবণটি ঠাণ্ডা করে পরিস্রাবণ করে উৎপন্ন ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডকে পৃথক করার পর পরিস্রুতকে ফুটিয়ে আয়তন কমিয়ে ফেলা হয় এবং অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আম্লিক করে ফোটালে পারম্যাঙ্গানেটের রঙ চলে যায়। উক্ত দ্রবণটিকে ঠাণ্ডা করলে বেনজোয়িক অ্যাসিড কেলাসিত হয়ে পড়ে। যাকে গরম জল থেকে পুনঃ কেলাসন করে বিশুদ্ধ করা হয়।

(3) বেনজোয়িল ক্লোরাইডকে ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দিয়ে জারণে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়। (আগের পদ্ধতির মত)

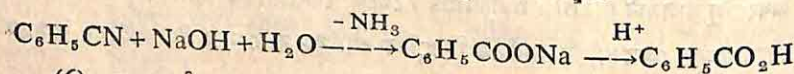
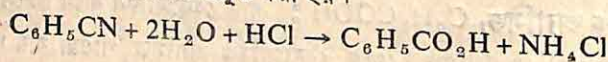
$$2C_6H_5CH_2Cl + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2C_6H_5CH_2OH + 2NaCl + CO_2$$

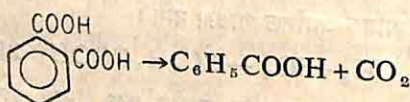
$$3C_6H_5 \cdot CH_2OH + 4KMnO_4 \rightarrow 3C_6H_5COOK + KOH + 4MnO_2 + 4H_2O$$

$$C_6H_5 \cdot COOK + HCl \rightarrow C_6H_5 \cdot CO_2H + KCl.$$

(4) টলুইনকে ক্লোরিনেশান করে প্রাপ্ত বেনজোট্রাইক্লোরাইডকে (I) ক্ষারকীয় দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এইভাবে বেনজোয়িক অ্যাসিডের বাণিজ্যিক উৎপাদন করা হয়।

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5 \cdot CCl_3 \xrightarrow{Ca(OH)_2} (C_6H_5 \cdot CO_2)_2Ca \xrightarrow{H^+} C_6H_5COOH$$

(5) ক্ষার অথবা অ্যাসিড দিয়ে ফিনাইল সায়ানাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজোয়িক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

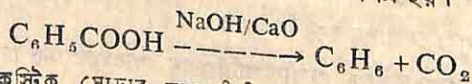
$$C_6H_5CN + 2H_2O + HCl \rightarrow C_6H_5CO_2H + NH_4Cl$$

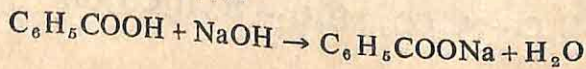
$$C_6H_5CN + NaOH + H_2O \xrightarrow{-NH_3} C_6H_5COONa \xrightarrow{H^+} C_6H_5CO_2H$$

(6) ন্যাপথ্যালিনকে জারণে প্রাপ্ত থ্যালিক অ্যাসিডকে আংশিক ডিকার্বক্সিলেশানে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

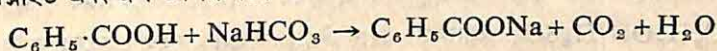
$$C_6H_4(COOH)_2 \rightarrow C_6H_5COOH + CO_2$$

ধর্ম ঃ বেনজোয়িক অ্যাসিড সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 122°C। ঠাণ্ডা জলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু গরমজলে কোহল ইথারে দ্রাব্য। এটি বাষ্প দিয়ে পাতিত হয় এবং ঊর্ধ্বপাতিতও হয়। অ্যাসিটিক অ্যাসিড থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড একটু বেশি শক্তিশালী।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ অ্যালিফ্যাটিক অ্যাসিডের মত বেনজোয়িক অ্যাসিড নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি দেখায়।

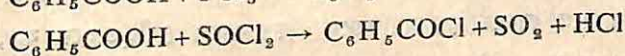
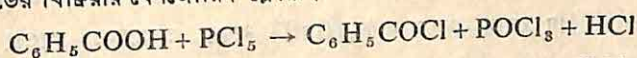
1. বেনজোয়িক অ্যাসিডকে বা সোডিয়াম বেনজোয়েটকে সোডালাইম দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডিকার্বক্সিলেশানের দ্বারা বেনজিন উৎপন্ন হয়।

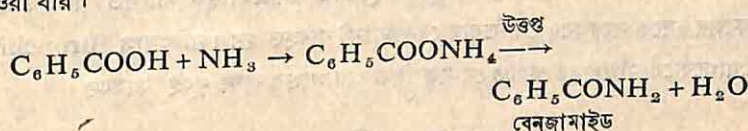
$$C_6H_5COOH \xrightarrow{NaOH/CaO} C_6H_6 + CO_2$$

2. কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজোয়িক অ্যাসিড প্রশমিত হয়ে সোডিয়াম বেনজোয়েট উৎপন্ন করে।

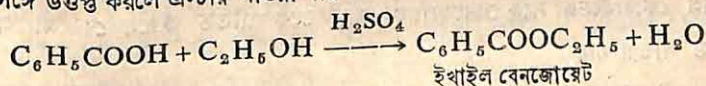
$$C_6H_5COOH + NaOH \rightarrow C_6H_5COONa + H_2O$$

বাইকার্বনেটের সঙ্গে বেনজোয়িক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বেনজোয়েট লবণ ও কার্বন-ডাই-অক্সাইড এবং জল উৎপন্ন করে।

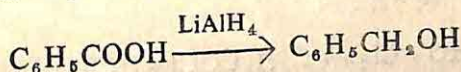
$$C_6H_5 \cdot COOH + NaHCO_3 \rightarrow C_6H_5COONa + CO_2 + H_2O$$

3. ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড বা থায়োনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে বেনজোয়িক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বেনজোয়িক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5COOH + PCl_5 \rightarrow C_6H_5COCl + POCl_3 + HCl$$

$$C_6H_5COOH + SOCl_2 \rightarrow C_6H_5COCl + SO_2 + HCl$$

4. অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বেনজোয়িক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে বেনজামাইড পাওয়া যায়।

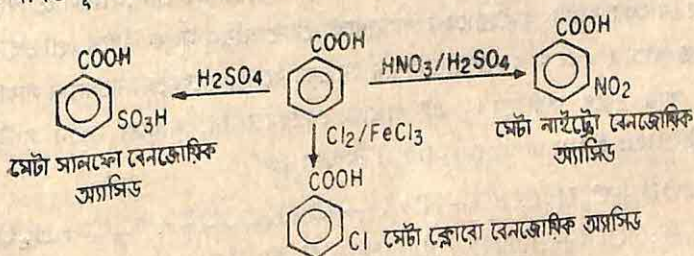
$$C_6H_5COOH + NH_3 \rightarrow C_6H_5COONH_4 \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত}} \underset{\text{বেনজামাইড}}{C_6H_5CONH_2} + H_2O$$

5. ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বেনজোয়িক অ্যাসিডকে কোহলের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে এস্টার পাওয়া যায়।

$$C_6H_5COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{ইথাইল বেনজোয়েট}}{C_6H_5COOC_2H_5} + H_2O$$

6. বেনজোয়িক অ্যাসিড অথবা এস্টারের ইথার দ্রবণকে লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড দিয়ে উত্তপ্ত করলে বিজারিত হয়ে বেনজাইল কোহলে পরিণত হয়।

$$C_6H_5COOH \xrightarrow{LiAlH_4} C_6H_5CH_2OH$$

বেনজোয়িক অ্যাসিড নাইট্রেশান, সালফোনেশান, ক্লোরিনেশান বিক্রিয়া দেখায়। সে বিক্রিয়াগুলি অ্যালিফ্যাটিক অ্যাসিডগুলি দেখায় না। কার্বক্সিল মূলক মেটা নির্দেশক বলে আগত মূলক বেনজিন চক্রের মেটা অবস্থানে স্থান গ্রহণ করে।

COOH (বেনজিন চক্র) $\xrightarrow{HNO_3/H_2SO_4}$ COOH, NO_2 — মেটা নাইট্রো বেনজোয়িক অ্যাসিড

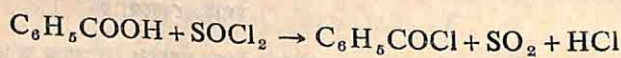
COOH (বেনজিন চক্র) $\xrightarrow{H_2SO_4}$ COOH, SO_3H — মেটা সালফো বেনজোয়িক অ্যাসিড

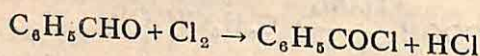
COOH (বেনজিন চক্র) $\xrightarrow{Cl_2/FeCl_3}$ COOH, Cl — মেটা ক্লোরো বেনজোয়িক অ্যাসিড

সনাক্তকরণ : (1) বেনজোয়িক অ্যাসিড নীল লিটমাসকে লাল করে এবং বাইকার্বনেট থেকে CO_2 নির্গত করে। (2) বেনজোয়িক অ্যাসিডকে C_2H_5OH/H_2SO_4 অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করলে ইথাইল বেনজোয়েটের সুন্দর গন্ধ পাওয়া যায়। (3) সোডালাইমের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে বেনজিনের গন্ধ পাওয়া যায়। (4) বেনজোয়িক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণে ফেরিক ক্লোরাইডের প্রশম জলীয় দ্রবণ যোগ করলে বাফ (Buff) রঙের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। (5) জলের সঙ্গে বেনজোয়িক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে দ্রবীভূত হয়ে যায়, কিন্তু ঠাণ্ডা করলে আবার কেলাসিত হয়ে পড়ে।

ব্যবহার : রঞ্জন বস্তু ও ওষুধ প্রস্তুতিতে বেনজোয়িক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। ফলের রসকে সংরক্ষণে সোডিয়াম বেনজোয়েট ব্যবহৃত হয়। ব্রঙ্কিয়াল (Bronchial) গোলযোগে বীজাণুমুক্ত করতে বেনজোয়িক অ্যাসিডের বাষ্প খুবই কার্যকর।

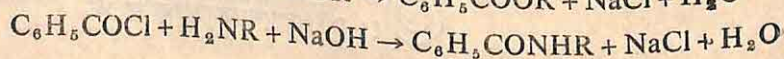
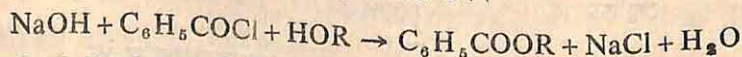
বেনজোয়িক অ্যাসিডের জাতকসমূহ

বেনজোয়িল ক্লোরাইড, (C_6H_5COCl) : ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড বা থায়োনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে বেনজোয়িক অ্যাসিডকে পাতিত করলে বেনজোয়িল ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

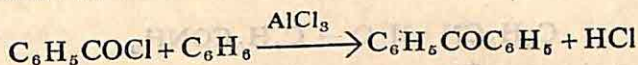
$$C_6H_5COOH + SOCl_2 \rightarrow C_6H_5COCl + SO_2 + HCl$$

ঠাণ্ডা অবস্থায় ক্লোরিনের সঙ্গে বেনজালডিহাইডের বিক্রিয়ায় বেনজোয়িল ক্লোরাইডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$C_6H_5CHO + Cl_2 \rightarrow C_6H_5COCl + HCl$$

বেনজোয়িল ক্লোরাইড অস্বস্তিকর গন্ধযুক্ত, ধূমায়মান বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 197°C। জল এবং লঘু ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধীরে ধীরে বেনজোয়িল ক্লোরাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের মত বেনজোয়িল ক্লোরাইডও কোন যৌগের সক্রিয় হাইড্রোজেন পরমাণুকে বেনজোয়িল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। একে বেনজোয়িলেশান বিক্রিয়া বলে। বেনজোয়িলেশান সাধারণত লঘু ক্ষার দ্রবণে করা হয়। এই পদ্ধতিতে বেনজোয়িলেশানকে সটেন বাউম্যান (Schotten Baumann reaction) বিক্রিয়া বলে।

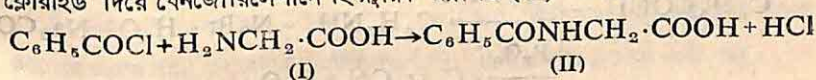
$$NaOH + C_6H_5COCl + HOR \rightarrow C_6H_5COOR + NaCl + H_2O$$

$$C_6H_5COCl + H_2NR + NaOH \rightarrow C_6H_5CONHR + NaCl + H_2O$$

বেনজোয়িলেশান করে অনেক সময় সক্রিয় মূলককে (যেমন অ্যামাইনো, হাইড্রোক্সিল) সংরক্ষণ করা হয়। এছাড়া অজানা জৈব যৌগকে সনাক্তকরণে বেনজোয়িলেশান করা হয়। কারণ বেনজোয়িল যৌগগুলি নির্দিষ্ট গলনাঙ্কের হয়। অনেক সময় কস্টিক ক্ষার দ্রবণের পরিবর্তে পিরিডিন ব্যবহারে বেনজোয়িলেশান করা হয়।

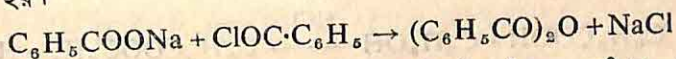
অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে বেনজোয়িল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় বেনজোফিনোন উৎপন্ন হয়। ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়া।

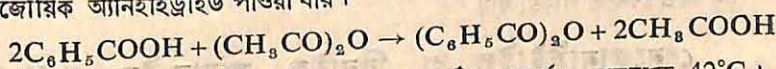
$$C_6H_5COCl + C_6H_6 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5COC_6H_5 + HCl$$

বেনজোয়িলেশানে বেনজোয়িল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

হিপ্পুরিক অ্যাসিড (Hippuric acid)ঃ বেনজোয়িল গ্লাইসিনকে হিপ্পুরিক অ্যাসিড বলে, যা ঘোড়ার মূত্রে পাওয়া যায়। গ্লাইসিনকে (I) বেনজোয়িল ক্লোরাইড দিয়ে বেনজোয়িলেশানে হিপ্পুরিক অ্যাসিড (II) পাওয়া যায়।

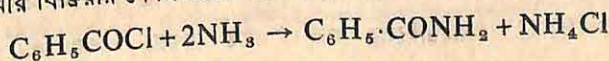
$$C_6H_5COCl + \underset{(I)}{H_2NCH_2\cdot COOH} \rightarrow \underset{(II)}{C_6H_5CONHCH_2\cdot COOH} + HCl$$

হিপ্পুরিক অ্যাসিড জলে প্রায় অদ্রাব্য, সাদা কঠিন। গলনাঙ্ক 188°C। অ্যাজল্যাকটোন সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

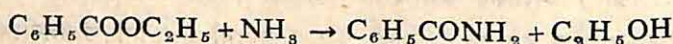
বেনজোয়িক অ্যানহাইড্রাইড $(C_6H_5CO)_2O$ঃ সোডিয়াম বেনজোয়েটের সঙ্গে বেনজোয়িল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় বেনজোয়িক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5COONa + ClOC\cdot C_6H_5 \rightarrow (C_6H_5CO)_2O + NaCl$$

বেনজোয়িক অ্যাসিডকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড দিয়ে পাতিত করলে বেনজোয়িক অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায়।

$$2C_6H_5COOH + (CH_3CO)_2O \rightarrow (C_6H_5CO)_2O + 2CH_3COOH$$

বেনজোয়িক অ্যানহাইড্রাইড কম গলনাঙ্কে কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 42°C। এর ধর্ম অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের ন্যায়, তবে জল ও ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে। বেনজোয়িলেশান বিক্রিয়া ব্যবহৃত হয়।

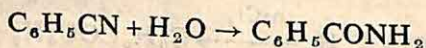
বেনজামাইড, $C_6H_5CONH_2$ঃ (1) বেনজোয়িল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় বেনজামাইড উৎপন্ন হয়।

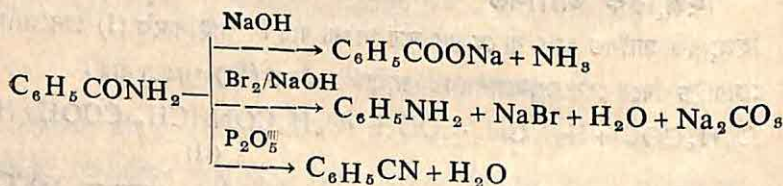
$$C_6H_5COCl + 2NH_3 \rightarrow C_6H_5\cdot CONH_2 + NH_4Cl$$

(2) ইথাইল বেনজোয়েটকে ঘন অ্যামোনিয়া দিয়ে ঝাঁকালে বেনজামাইড উৎপন্ন হয়।

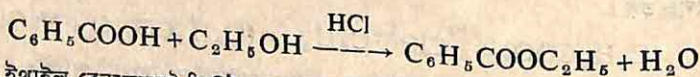
$$C_6H_5COOC_2H_5 + NH_3 \rightarrow C_6H_5CONH_2 + C_2H_5OH$$

(3) অ্যামোনিয়াম বেনজোয়েটকে উত্তপ্ত করে বেনজামাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$C_6H_5 \cdot COONH_4 \rightarrow C_6H_5 \cdot CONH_2 + H_2O$$

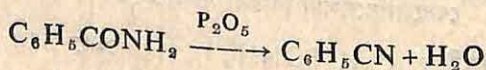
(4) ফিনাইল সায়ানাইডকে আংশিক আর্দ্র বিশ্লেষণে বেনজামাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$C_6H_5CN + H_2O \rightarrow C_6H_5CONH_2$$

বেনজামাইড সাদা কঠিন। গলনাঙ্ক 130°C। ঠাণ্ডা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু গরম জলে দ্রাব্য। অ্যামাইডের সকল ধর্ম বেনজামাইড দেখায়।

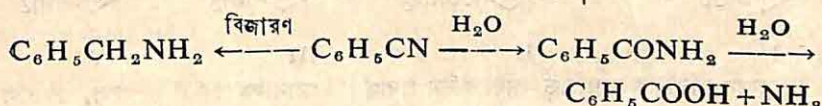
$$C_6H_5CONH_2 \begin{cases} \xrightarrow{NaOH} C_6H_5COONa + NH_3 \\ \xrightarrow{Br_2/NaOH} C_6H_5NH_2 + NaBr + H_2O + Na_2CO_3 \\ \xrightarrow{P_2O_5} C_6H_5CN + H_2O \end{cases}$$

ইথাইল বেনজোয়েট, $C_6H_5CO_2C_2H_5$ঃ ইথাইল কোহল ও বেনজোয়িক অ্যাসিড মিশ্রণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস প্রবাহিত করে সম্পৃক্ত করার পর জলগাহের উপর দুঘণ্টা ধরে রিফ্লাক্স করলে ইথাইল বেনজোয়েট উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{HCl} C_6H_5COOC_2H_5 + H_2O$$

ইথাইল বেনজোয়েট মিষ্টি গন্ধযুক্ত তরল। স্ফুটনাঙ্ক 213°C। এস্টারের সকল ধর্ম এতে দেখতে পাওয়া যায়।

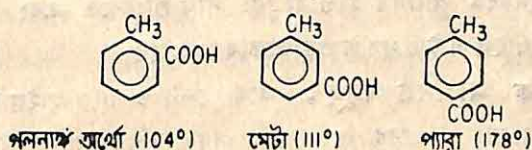
বেনজোনাইট্রাইল বা ফিনাইল সায়ানাইড, C_6H_5CNঃ বেনজামাইডকে ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইড দিয়ে উত্তপ্ত করলে ফিনাইল সায়ানাইড পাওয়া যায়।

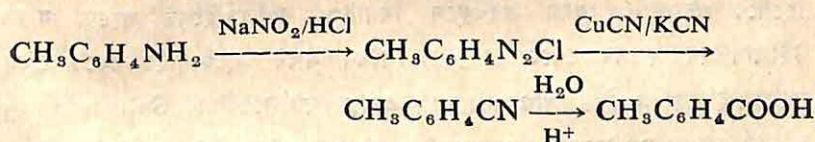
$$C_6H_5CONH_2 \xrightarrow{P_2O_5} C_6H_5CN + H_2O$$

ফিনাইল সায়ানাইড নাইট্রোবেনজিনের মত গন্ধ বিশিষ্ট বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 191°C। নাইট্রাইলের সকল ধর্ম এতে দেখতে পাওয়া যায়। ফিনাইল

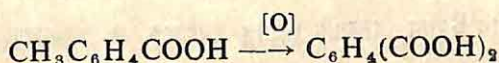
সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণে প্রথমে বেনজামাইড এবং পরে বেনজোয়িক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং বিজারণে বেনজাইল অ্যামিনে পরিণত হয়।

$$C_6H_5CH_2NH_2 \xleftarrow{\text{বিজারণ}} C_6H_5CN \xrightarrow{H_2O} C_6H_5CONH_2 \xrightarrow{H_2O} C_6H_5COOH + NH_3$$

প্রতিস্থাপিত বেনজোয়িক অ্যাসিড সমূহ

টলুইক অ্যাসিড, $CH_3C_6H_4COOH$: অর্থো, মেটা ও প্যারা টলুইক অ্যাসিড হয়।

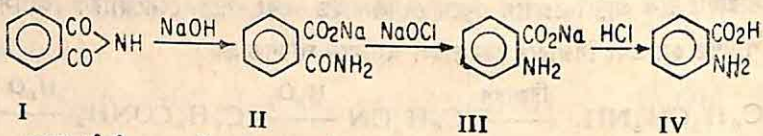
গলনাঙ্ক অর্থো (104°) মেটা (111°) প্যারা (178°)

টলুইডিনকে ডায়াজোটাইজেশান ও স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়ায় টলুইনাইট্রাইল প্রস্তুত করা হয়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষণে টলুইক অ্যাসিড (তিন প্রকার) প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3C_6H_4NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HCl} CH_3C_6H_4N_2Cl \xrightarrow{CuCN/KCN} CH_3C_6H_4CN \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3C_6H_4COOH$$

টলুইক অ্যাসিডগুলি কঠিন। যাদের জারণে থ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3C_6H_4COOH \xrightarrow{[O]} C_6H_4(COOH)_2$$

অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিড সমূহ : অর্থো, মেটা, প্যারা তিনটি অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিড জানা আছে, উপযুক্ত নাইট্রো বেনজোয়িক অ্যাসিডকে বিজারণে এগুলি পাওয়া যায়।

অর্থো অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিডকে অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিড বলে। এটি খুব প্রয়োজনীয় যৌগ এবং এর মিথাইল এস্টার যুঁই ফুলের নির্যাসে পাওয়া যায়।

থ্যালিমাইডকে (I) কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণে প্রাপ্ত অ্যামাইডকে (II) সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইড দিয়ে হফম্যান বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত অর্থো অ্যামাইনো বেনজোয়িক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে (III) আম্লিক করলে অ্যানথ্রানিলিক (IV) অ্যাসিড পাওয়া যায়। এইভাবে বাণিজ্যিক উৎপাদন করা হয়।

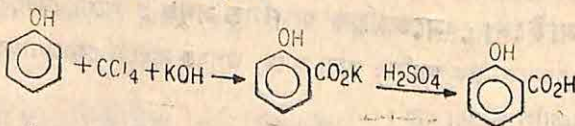
$$\underset{I}{C_6H_4{<}^{CO}_{CO}{>}NH} \xrightarrow{NaOH} \underset{II}{C_6H_4{<}^{CO_2Na}_{CONH_2}} \xrightarrow{NaOCl} \underset{III}{C_6H_4{<}^{CO_2Na}_{NH_2}} \xrightarrow{HCl} \underset{IV}{C_6H_4{<}^{CO_2H}_{NH_2}}$$

অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিড সাদা কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 145°। জল, কোহল ইথারে দ্রাব্য। এটি অ্যাসিড ও অ্যামাইনের মত আচরণ করে এবং অ্যালিফ্যাটিক অ্যামাইনো অ্যাসিডের মত কঠিন অবস্থায় অন্তঃস্থ (Inner) লবণ উৎপন্ন করে না। অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে অ্যানিলিনে পরিণত হয়। এটি অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণে দ্রাব্য।

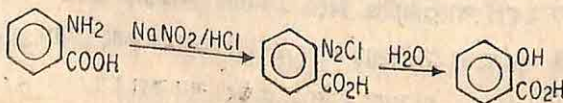
অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিড ইণ্ডিগো বা নীল প্রস্তুতিতে এবং অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিডের মিথাইল এস্টার সুগন্ধি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

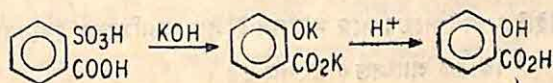
ফিনলিক অ্যাসিড সমূহ ঃ অর্থো, মেটা ও প্যারা হাইড্রক্সি বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এদের মধ্যে অর্থো সমাবয়বটিকে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড বলে এবং এটি খুবই প্রয়োজনীয় যৌগ।

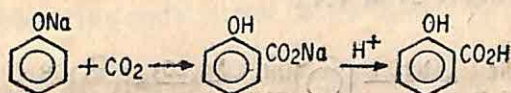
স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ঃ অনেক ফুলের নির্যাসে মিথাইল এস্টার হিসেবে বর্তমান। যেমন কদমফুলে মিথাইল স্যালিসাইলেট পাওয়া যায়। উইলোগাছের ছালের থেকে প্রাপ্ত স্যালিসিন নামে গ্লুকোসাইড থেকে প্রথম স্যালিসাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এছাড়া স্যালিজেনিন (Saligenin) বা স্যালিসাল অ্যালডিহাইডের জারণেও স্যালিসাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

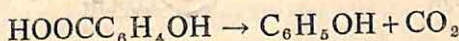
প্রস্তুতি ঃ (1) ক্ষারীয় দ্রবণের সঙ্গে ফিনল ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে (রাইমার টিম্যান বিক্রিয়ায়) প্রাপ্ত যৌগকে আম্লিক করে রসায়নাগারে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$C_6H_5OH + CCl_4 + KOH \longrightarrow C_6H_4{<}^{OH}_{CO_2K} \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_4{<}^{OH}_{CO_2H}$$

(2) সোডিয়াম নাইট্রাইট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিডকে ডায়াজোটাইজেশান করার পর জলে ফোটালে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

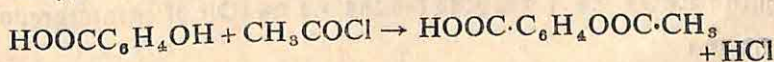
$$C_6H_4{<}^{NH_2}_{COOH} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} C_6H_4{<}^{N_2Cl}_{CO_2H} \xrightarrow{H_2O} C_6H_4{<}^{OH}_{CO_2H}$$

(3) কঠিন কস্টিক পটাশের সঙ্গে অর্থো সালফোবেনজোয়িক অ্যাসিডকে মিশিয়ে উত্তাপে গলালে যে বস্তু পাওয়া যায় তাকে আম্লিক করলে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

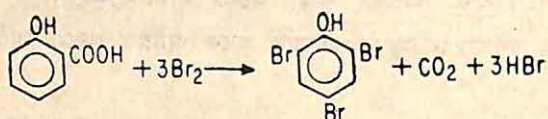
$$C_6H_4(SO_3H)(COOH) \xrightarrow{KOH} C_6H_4(OK)(CO_2K) \xrightarrow{H^+} C_6H_4(OH)(CO_2H)$$

(4) 140°C-এ এবং উচ্চচাপে সোডিয়াম ফিনক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইড দিয়ে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম স্যালিসাইলেট উৎপন্ন হয়। যাকে আম্লিক করলে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিকে কোলবে স্মিট (Kolbe Schmitt's method) পদ্ধতি বলে। রসায়নাগারে বা শিল্পোৎপাদনে এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

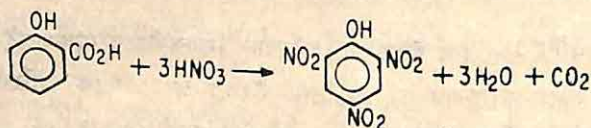
$$C_6H_5ONa + CO_2 \longrightarrow C_6H_4(OH)(CO_2Na) \xrightarrow{H^+} C_6H_4(OH)(CO_2H)$$

ধর্ম ঃ স্যালিসাইলিক অ্যাসিড সাদা কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 159°C। ঠাণ্ডা জলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু গরম জল ও জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। উত্তপ্ত করলে ঊর্ধ্ব-পাতিত হয় এবং এটি বাষ্পপাতিতও হয়। আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করলে ডিকার্বক্সি-লেশান হয়ে ফিনলের গন্ধ পাওয়া যায়।

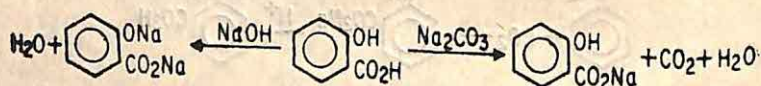
$$HOOCC_6H_4OH \rightarrow C_6H_5OH + CO_2$$

ফিনল ও অ্যাসিড উভয় মূলকের ধর্মই স্যালিসাইলিক অ্যাসিডে দেখতে পাওয়া যায়। ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় স্যালিসাইলিক অ্যাসিড বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন করে।

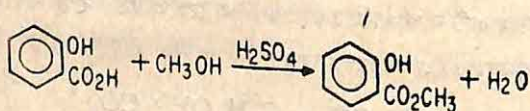
অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল স্যালিসাইলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$HOOCC_6H_4OH + CH_3COCl \rightarrow HOOC{\cdot}C_6H_4OOC{\cdot}CH_3 + HCl$$

ব্রোমিনের সঙ্গে স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 2, 4, 6 ট্রাইব্রোমোফিনল উৎপন্ন হয় এবং কার্বক্সিল মূলকটি অপসারিত হয়।

$$o\text{-}HOC_6H_4COOH + 3Br_2 \longrightarrow 2,4,6\text{-}Br_3C_6H_2OH + CO_2 + 3HBr$$

ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 2, 4, 6 ট্রাইনাইট্রোফিনল (পিকরিক অ্যাসিড) উৎপন্ন হয়।

$$o\text{-}HOC_6H_4CO_2H + 3HNO_3 \longrightarrow 2,4,6\text{-}(NO_2)_3C_6H_2OH + 3H_2O + CO_2$$

সোডিয়াম কার্বনেট স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম স্যালিসাইলেট উৎপন্ন করে, কিন্তু কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-সোডিয়ো স্যালিসাইলেট উৎপন্ন করে।

$$H_2O + C_6H_4(ONa)(CO_2Na) \xleftarrow{NaOH} C_6H_4(OH)(CO_2H) \xrightarrow{Na_2CO_3} C_6H_4(OH)(CO_2Na) + CO_2 + H_2O$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার গঠন করে।

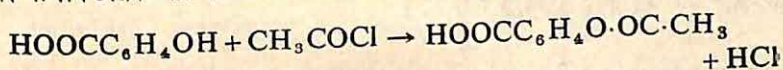
$$C_6H_4(OH)(CO_2H) + CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_4(OH)(CO_2CH_3) + H_2O$$

মিথাইল স্যালিসাইলেট

সনাক্তকরণ : (1) বাইকার্বনেটের সঙ্গে স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের বুদবুদ বার হয়। (2) সোডালাইমের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফিনলের গন্ধ পাওয়া যায়। (3) $FeCl_3$ দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন করে। (4) মিথানল ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথাইল স্যালিসাইলেটের গন্ধ [কদমফুলের নির্যাসের মত গন্ধ (Oil of wintergreen)] বার হয়।

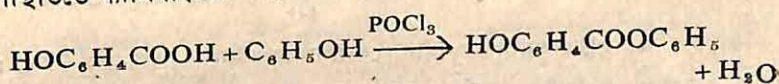
ব্যবহার : অ্যাসপিরিন, স্যালল, কদমফুলের নির্যাস প্রস্তুতিতে এবং বীজানু-নাশক হিসেবে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। এছাড়া টিবি রোগের ওষুধ হিসেবে প্যারা অ্যামাইনো স্যালিসাইলিক অ্যাসিড (P.A.S) বা এর সোডিয়াম

লবণ খুবই ব্যবহৃত হয়। বাতের রোগে সোডিয়াম স্যালিসাইলেট ব্যবহার করা হয়। এছাড়া রঞ্জন বস্তু প্রস্তুতিতেও স্যালিসাইলিক অ্যাসিড় ব্যবহৃত হয়।

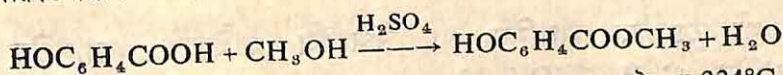
অ্যাসপিরিন বা অ্যাসিটাইল স্যালিসাইলিক অ্যাসিডঃ স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যাসপিরিন প্রস্তুত করা হয়।

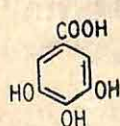
$$HOOCC_6H_4OH + CH_3COCl \rightarrow HOOCC_6H_4O{\cdot}OC{\cdot}CH_3 + HCl$$

অ্যাসপিরিন সাদা কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 135°C। জলে স্বল্প দ্রাব্য। মাথা ব্যথা, দাঁতের যন্ত্রণা, গায়ে ব্যথা ইত্যাদির উপশমে ওষুধ হিসেবে অ্যাসপিরিন খুবই ব্যবহৃত হয়।

স্যালল বা ফিনাইল স্যালিসাইলেটঃ ফসফরাস অক্সিক্লোরাইডের উপস্থিতিতে স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফিনলের বিক্রিয়ায় স্যালল উৎপন্ন হয়।

$$HOC_6H_4COOH + C_6H_5OH \xrightarrow{POCl_3} HOC_6H_4COOC_6H_5 + H_2O$$

স্যালল সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 43°C। জলে স্বল্প দ্রাব্য। শরীরের অভ্যন্তরে বীজানুনাশক হিসেবে সাধারণত ব্যবহৃত হয়।

মিথাইল স্যালিসাইলেটঃ কদমফুলের নির্যাসের অন্যতম উপাদান। মিথানল ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে স্যালিসাইলিক অ্যাসিডকে এস্টারে পরিণত করলে মিথাইল স্যালিসাইলেট পাওয়া যায়।

$$HOC_6H_4COOH + CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_4} HOC_6H_4COOCH_3 + H_2O$$

মিথাইল স্যালিসাইলেট সুন্দর গন্ধযুক্ত তেলের মত তরল। স্ফুটনাঙ্ক 224°C। সুগন্ধি দ্রব্য এবং ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

গ্যালিক অ্যাসিড বা 3, 4, 5 ট্রাইহাইড্রক্সি বেনজোয়িক অ্যাসিডঃ মুক্ত অবস্থায় চায়ের পাতায় এবং অনেক গাছে পাওয়া যায়। কাঠ বাদামে (Gullnuts) ট্যানিন হিসেবে গ্যালিক অ্যাসিড বর্তমান। গরম ও লঘু অ্যাসিড দিয়ে ট্যানিনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে ইথার দিয়ে গ্যালিক অ্যাসিডকে নিষ্কাশন করা হয়।

COOH
HO OH
OH

গ্যালিক অ্যাসিড সাদা, সূচের মত কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 235°C

(ভেঙ্গে যায়)। জলে ও জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। গলনাঙ্কে উত্তপ্ত করলে গ্যালিক অ্যাসিড ভেঙ্গে গিয়ে পাইরোগ্যাললে পরিণত হয়। পাইরোগ্যাললের মত গ্যালিক অ্যাসিডও শক্তিশালী বিজারক পদার্থ এবং ফটোগ্রাফী শিল্পে ব্যবহৃত হয়। গ্যালিক অ্যাসিডের ক্ষারীয় দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করে। গ্যালিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড যোগ করলে নীলচে কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। যার জন্য এটিকে কালি প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

পার্শ্বশৃংখলে কার্বক্সিল মূলক বিশিষ্ট অ্যারোম্যাটিক অ্যাসিড সমূহ

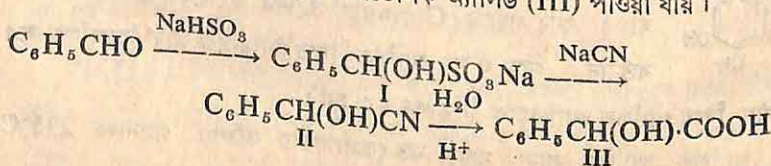
ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড, $C_6H_5CH_2COOH$ ঃ বেনজাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের কোহলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত বেনজাইল সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণে ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CH_2Cl \xrightarrow{KCN} C_6H_5CH_2CN \xrightarrow[H^+]{H_2O} C_6H_5CH_2COOH$$

ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড বর্ণহীন, কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 77°C। জারণে ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড জলে দ্রাব্য এবং এর রাসায়নিক ধর্ম অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মত। এটি অ্যাসিটিক অ্যাসিডের চেয়ে শক্তিশালী অ্যাসিড এবং টলুইক অ্যাসিডের সঙ্গে সমাবয়ব যৌগ। জারণে টলুইক অ্যাসিড থেকে থ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, কিন্তু ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

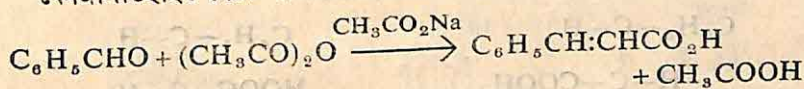
ম্যানডেলিক অ্যাসিড বা ফিনাইল হাইড্রক্সি অ্যাসিটিক অ্যাসিড, $C_6H_5CH(OH)CO_2H$ ঃ গ্লুকোসাইড অ্যামেগডালিনে পাওয়া যায় এবং এটিকে নিয়ন্ত্রিত আর্দ্র বিশ্লেষণে ম্যানডেলিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। এছাড়া বেনজালডিহাইডের সঙ্গে সোডিয়াম বাইসালফাইটের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত যুতযৌগের (I) সঙ্গে সোডিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় ম্যানডেলোনাইট্রাইল (II) উৎপন্ন হয়। যাকে আর্দ্র বিশ্লেষণে ম্যানডেলিক অ্যাসিড (III) পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CHO \xrightarrow{NaHSO_3} \underset{I}{C_6H_5CH(OH)SO_3Na} \xrightarrow{NaCN}$$

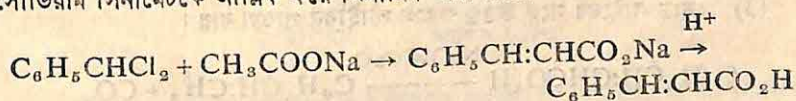
$$\underset{II}{C_6H_5CH(OH)CN} \xrightarrow[H^+]{H_2O} \underset{III}{C_6H_5CH(OH){\cdot}COOH}$$

ম্যানডেলিক অ্যাসিড সাদা কেলাসাকার পদার্থ। জলে দ্রাব্য। এটি আলোক সক্রিয় পদার্থ। অ্যামেগডালিন থেকে বামঘূর্ণক ম্যানডেলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। যার গলনাঙ্ক 133°C। *dl* ম্যানডেলিক অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 118°C। ম্যানডেলিক অ্যাসিডকে জারণে বেনজোয়িক অ্যাসিড এবং বিজারণে ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

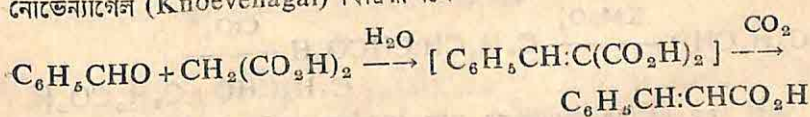
সিনামিক অ্যাসিড, β ফিনাইল অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড, $C_6H_5\cdot CH:CHCOOH$: সিনামন তেলে এবং বালসাম রজনে সিনামিক অ্যাসিড মুক্ত বা এস্টার হিসেবে বর্তমান।

বেনজালডিহাইড থেকে পার্কিন বিক্রিয়ায় সিনামিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

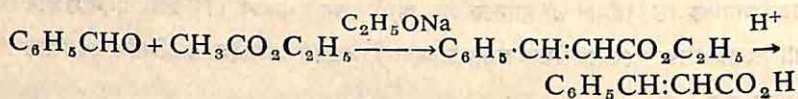
$$C_6H_5CHO + (CH_3CO)_2O \xrightarrow{CH_3CO_2Na} C_6H_5CH:CHCO_2H + CH_3COOH$$

বায়ুশীতক যুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে বেনজালডিহাইড, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড এবং অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট একত্রে নিয়ে তৈলগাহের উপর 8-10 ঘণ্টা ধরে 170-180°C-এ রিফ্লাক্স করা হয়। বিক্রিয়ার শেষে মিশ্রণটিকে ঠাণ্ডা করে জলে ঢালা হয় এবং অবিকৃত বেনজালডিহাইডকে বাষ্পপাতনে দূর করে মিশ্রণটিকে কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগে ক্ষারীয় করার পরে তৈলাক্ত ও রজনজাতীয় পদার্থকে পৃথক করে দ্রবণটিকে আম্লিক করলে সিনামিক অ্যাসিডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। যাকে গরম জল থেকে পুনর্কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয়।

(2) বেনজালক্লোরাইডের সঙ্গে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত সোডিয়াম সিনামেটকে আম্লিক করে সিনামিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

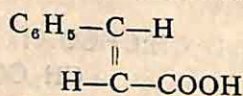
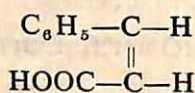
$$C_6H_5CHCl_2 + CH_3COONa \rightarrow C_6H_5CH:CHCO_2Na \xrightarrow{H^+} C_6H_5CH:CHCO_2H$$

(3) সমাণবিক পরিমাণ বেনজালডিহাইড ও ম্যালোনিক অ্যাসিড মিশ্রণকে পিরিডিন দিয়ে উত্তপ্ত করলে সিনামিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াটিকে নোভেন্যাগেল (Knoevenagal) বিক্রিয়া বলে।

$$C_6H_5CHO + CH_2(CO_2H)_2 \xrightarrow{H_2O} [\,C_6H_5CH:C(CO_2H)_2\,] \xrightarrow{CO_2} C_6H_5CH:CHCO_2H$$

(4) সোডিয়াম ইথক্সাইডের উপস্থিতিতে বেনজালডিহাইডের সঙ্গে ইথাইল

অ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত ইথাইল সিনামেটকে অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণে সিনামিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। (ক্লেজেন সংঘনন বিক্রিয়া)

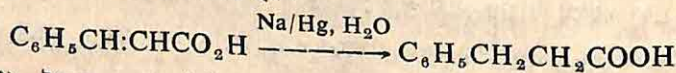
$$C_6H_5CHO + CH_3CO_2C_2H_5 \xrightarrow{C_2H_5ONa} C_6H_5 \cdot CH{:}CHCO_2C_2H_5 \xrightarrow{H^+} C_6H_5CH{:}CHCO_2H$$

ধর্মঃ সিনামিক অ্যাসিড বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 133°C। ঠাণ্ডা জলে স্বল্প দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে সম্পূর্ণ দ্রাব্য। সিনামিক অ্যাসিড জ্যামিতিক সমাবয়বতা দেখায়।

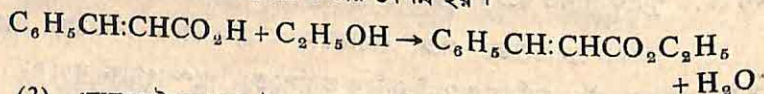
ট্রান্স সমাবয়বটিকে সিনামিক অ্যাসিড বলে এবং সিস সমাবয়বটিকে অ্যালো-সিনামিক অ্যাসিড (Allocinnamic acid) বলে।

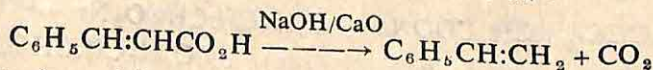
$$\begin{array}{c} C_6H_5-C-H \\ \| \\ H-C-COOH \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_6H_5-C-H \\ \| \\ HOOC-C-H \end{array}$$

সিনামিক অ্যাসিড (ট্রান্স) অ্যালোসিনামিক অ্যাসিড (সিস)

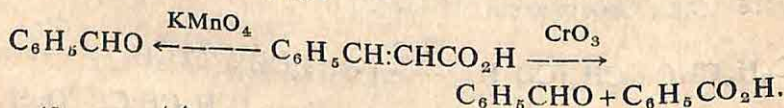
সিনামিক অ্যাসিড $\alpha\beta$ অসম্পৃক্ত অ্যাসিড ছাড়াও এতে বেনজিন চক্র আছে। ফলে এটি অসম্পৃক্ততার, কার্বক্সিল মূলক ও বেনজিন চক্রের বিক্রিয়া সমূহ দেখায়।

(1) সোডিয়াম পারদ সংকর দিয়ে বিজারণে সিনামিক অ্যাসিড β ফিনাইল প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

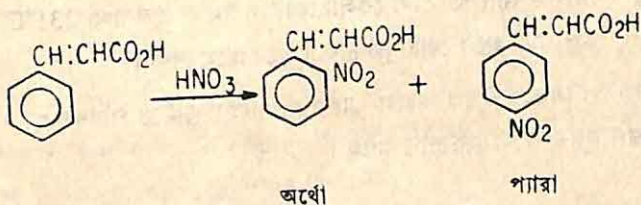
$$C_6H_5CH{:}CHCO_2H \xrightarrow{Na/Hg,\ H_2O} C_6H_5CH_2CH_2COOH$$

(2) ইথানলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CH{:}CHCO_2H + C_2H_5OH \rightarrow C_6H_5CH{:}CHCO_2C_2H_5 + H_2O$$

(3) সোডালাইমের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে স্টাইরিন পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CH{:}CHCO_2H \xrightarrow{NaOH/CaO} C_6H_5CH{:}CH_2 + CO_2$$

(4) ঠাণ্ডা পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে সিনামিক অ্যাসিডকে জারণে বেনজালডিহাইড পাওয়া যায়। কিন্তু ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে বেনজালডিহাইড ও বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CHO \xleftarrow{KMnO_4} C_6H_5CH{:}CHCO_2H \xrightarrow{CrO_3} C_6H_5CHO + C_6H_5CO_2H.$$

(5) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে সিনামিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অর্থো ও প্যারা নাইট্রো সিনামিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

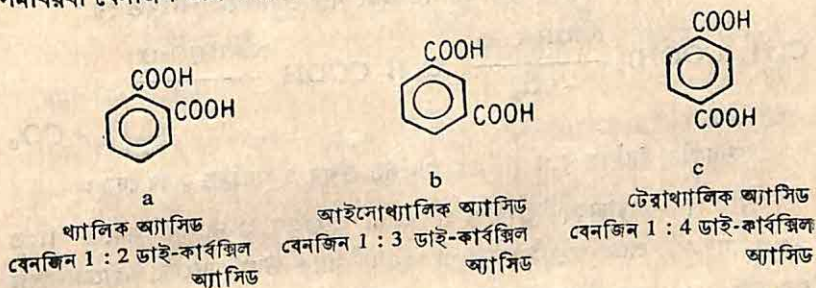
CH:CHCO$_2$H (বেনজিন) $\xrightarrow{HNO_3}$ CH:CHCO$_2$H, NO_2 (অর্থো) + CH:CHCO$_2$H, NO_2 (প্যারা)

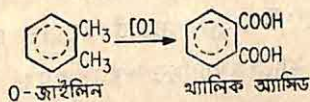
অর্থো প্যারা

সুগন্ধি দ্রব্য, ওষুধ ও স্টাইরিন প্রস্তুতিতে সিনামিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

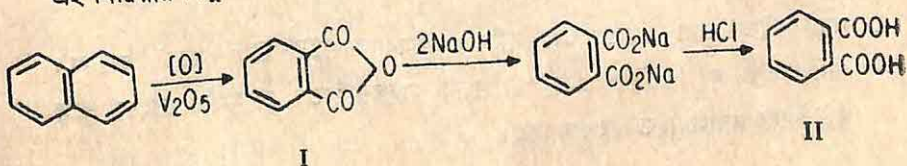
বেনজিন ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড সমুহ, $C_6H_4(COOH)_2$: তিনটি সমাবয়বী বেনজিন ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড হয়, যেমন—

a — থ্যালিক অ্যাসিড, বেনজিন 1 : 2 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড

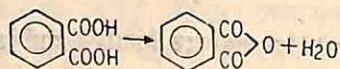
b — আইসোথ্যালিক অ্যাসিড, বেনজিন 1 : 3 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড

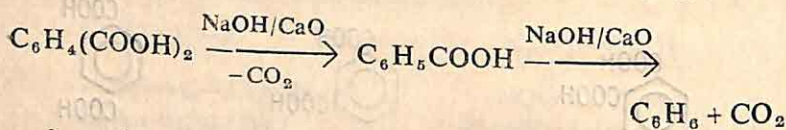
c — টেরাথ্যালিক অ্যাসিড, বেনজিন 1 : 4 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড

থ্যালিক অ্যাসিড : অর্থো দ্বি-প্রতিস্থাপিত যে কোন অ্যালকাইল বেনজিন যৌগকে জারিত করলে থ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। জারক দ্রব্য হিসেবে নাইট্রিক অ্যাসিড (লঘু), পারম্যাঙ্গানেট ব্যবহার করা যায়।

O-জাইলিন ($C_6H_4(CH_3)_2$) $\xrightarrow{[O]}$ থ্যালিক অ্যাসিড ($C_6H_4(COOH)_2$)

400°C-এ এবং ভ্যানাডিয়াম পেণ্টঅক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে ন্যাপথ্যালিন বাষ্পকে বায়ু দিয়ে জারিত করে প্রাপ্ত থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইডকে (I) কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে আম্লিক করলে থ্যালিক অ্যাসিড (II) পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ায় কিছুটা ম্যালেইক অ্যাসিডও পাওয়া যায়।

ন্যাপথ্যালিন $\xrightarrow[V_2O_5]{[O]}$ $C_6H_4(CO)_2O$ (I) $\xrightarrow{2NaOH}$ $C_6H_4(CO_2Na)_2$ $\xrightarrow{HCl}$ $C_6H_4(COOH)_2$ (II)

ধর্ম : থ্যালিক অ্যাসিড সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 231°C। জলে প্রায় অদ্রাব্য, কিন্তু গরম জলে মোটামুটি দ্রাব্য। কোহলে দ্রাব্য।

থ্যালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়। কারণ দুটি কার্বক্সিল মূলক অর্থো অবস্থানে আছে।

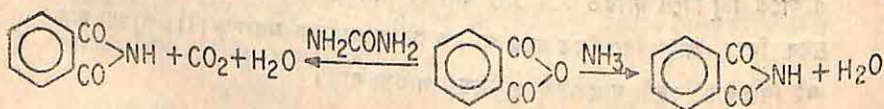
$$C_6H_4(COOH)_2 \rightarrow C_6H_4(CO)_2O + H_2O$$

সোডালাইম বা কস্টিক পটাশ দিয়ে থ্যালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে ডিকার্বক্সিলেশানের দ্বারা প্রথমে বেনজোয়িক অ্যাসিড এবং পরে বেনজিনে পরিণত হয়।

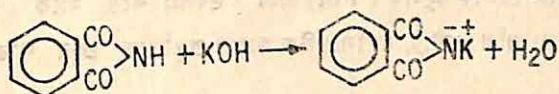
$$C_6H_4(COOH)_2 \xrightarrow[-CO_2]{NaOH/CaO} C_6H_5COOH \xrightarrow{NaOH/CaO} C_6H_6 + CO_2$$

বিক্ষারকীয় অ্যাসিড বলে থ্যালিক অ্যাসিড প্রশম ও অ্যাসিড লবণ দেয়।

থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড : অর্থো জাইলিন বা ন্যাপথ্যালিনকে জারিত করলে থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয়। যাকে ঊর্ধ্বপাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ করা হয়। থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড সাদা কঠিন। গলনাঙ্ক 128°। জলের দ্বারা ধীরে ধীরে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়, কিন্তু ক্ষার বা অ্যাসিড দ্রবণ দিয়ে তাড়াতাড়ি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে থ্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

রঞ্জন দ্রব্য, প্লাস্টিক, প্লাস্টিসাইজার, বেনজোয়িক অ্যাসিড, থ্যালিমাইড ডাই-ইথাইল থ্যালেট এবং ডাই-মিথাইল থ্যালেট ইত্যাদি প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড বা থ্যালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

থ্যালিমাইড : থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়া দ্রবণ বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা ইউরিয়া মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে থ্যালিমাইড পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(CO)_2NH + CO_2 + H_2O \xleftarrow{NH_2CONH_2} C_6H_4(CO)_2O \xrightarrow{NH_3} C_6H_4(CO)_2NH + H_2O$$

থ্যালিমাইড সাদা কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 238°C। জলে অদ্রাব্য। থ্যালিমাইড মৃদু আম্লিক এবং পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইডের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে পটাশিয়ো থ্যালিমাইড উৎপন্ন করে।

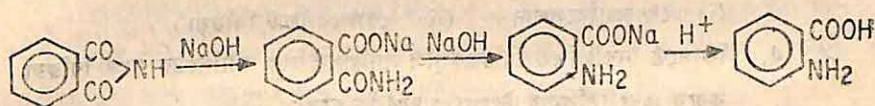
$$C_6H_4(CO)_2NH + KOH \longrightarrow C_6H_4(CO)_2\overset{-}{N}\overset{+}{K} + H_2O$$

প্রাথমিক অ্যামিন ও অ্যামাইনো অ্যাসিড প্রস্তুতিতে পটাশিয়া থ্যালিমাইড গ্যাব্রিয়েল থ্যালিমাইড সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

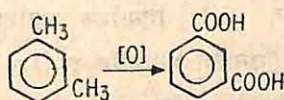
থ্যালিমাইডকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে থ্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। কিন্তু বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে থ্যালিমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

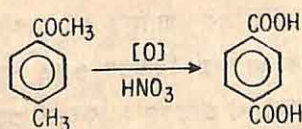
$$C_6H_4(COOH)(CONH_2) \xleftarrow{Ba(OH)_2} C_6H_4(CO)_2NH \xrightarrow{NaOH} C_6H_4(COOH)_2$$

থ্যালিমিক অ্যাসিড

থ্যালিমাইডের সঙ্গে ক্ষারীয় হাইপোব্রোমাইডের বিক্রিয়ায় অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। হফম্যান অবনমন বিক্রিয়া।

$$C_6H_4(CO)_2NH \xrightarrow{NaOH} C_6H_4(COONa)(CONH_2) \xrightarrow{NaOH} C_6H_4(COONa)(NH_2) \xrightarrow{H^+} C_6H_4(COOH)(NH_2)$$

আইসোথ্যালিক অ্যাসিড ঃ মেটা জাইলিনকে পারম্যাঙ্গানেট দিয়ে জারিত করলে আইসোথ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এটি সাদা কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 346°C। অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন করে না।

$$C_6H_4(CH_3)_2 \xrightarrow{[O]} C_6H_4(COOH)_2$$

টেরাথ্যালিক অ্যাসিড ঃ প্যারা জাইলিন বা প্যারা মিথাইল অ্যাসিটো-ফিনোনকে যথাক্রমে পারম্যাঙ্গানেট ও নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে টেরাথ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3C_6H_4COCH_3 \xrightarrow[HNO_3]{[O]} C_6H_4(COOH)_2$$

সাদা পাউডারের মত পদার্থ। উত্তপ্ত করলে গলবার আগেই ঊর্ধ্বপাতিত হয়।

গ্লাইকলের সঙ্গে রৈখিক বহুলক (Polymer) উৎপন্ন করে, যাকে টেরিলিন বলে। টেরিলিন হলো পলি এস্টার, যা সিন্থেটিক কাপড় প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

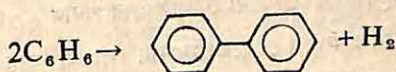
1. রসায়নাগারে বেনজোয়িক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? বেনজোয়িক অ্যাসিডের বিশিষ্ট ধর্ম ও ব্যবহার সংক্ষেপে বল।
2. বেনজিন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড এবং বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে বেনজিন কিভাবে করা যায় ? বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগগুলি সংশ্লেষণ করবে ?
   (i) C_6H_5COCl (ii) $C_6H_5CONH_2$
   (iii) $C_6H_5 \cdot COOC_2H_5$ (iv) C_6H_5CN (v) হিপ্পুরিক অ্যাসিড।
3. টীকা লেখ :—
   (i) বেনজোয়িলেশান (ii) কোলবে স্মিট বিক্রিয়া।
4. কি শর্তে নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলি স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কি হবে ?
   (i) CH_3COCl (ii) $NaOH/CaO$ (iii) CH_3OH
   (iv) Br_2 (v) HNO_3 (vi) Na_2CO_3
5. সংশ্লেষণ কর :—
   (i) অ্যাসপিরিন, (ii) সিনামিক অ্যাসিড (iii) অ্যানথ্রানিলিক অ্যাসিড (iv) ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড (v) হিপ্পুরিক অ্যাসিড (vi) স্যালল (vii) থ্যালিক অ্যাসিড।
6. বেনজোয়িক অ্যাসিড, ফিনল ও স্যালিসাইলিক অ্যাসিডকে কিভাবে সনাক্ত করা হয় ? অ্যালোসিনামিক অ্যাসিড ও সিনামিক অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য কি ?
7. বেনজিন ডাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড কত প্রকার হয় ? প্রত্যেকটির নাম লেখ। থ্যালিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? থ্যালিক অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন বিশিষ্ট জাতকগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ?

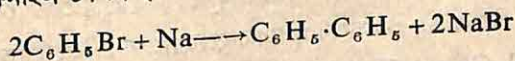
৩৬

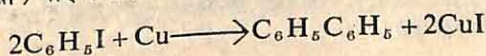
পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন সমূহ
Polynuclear Hydrocarbons

একাধিক বেনজিন নিউক্লিয়াস বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বনকে পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন বলে। পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন যৌগদের দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—(i) পৃথক বেনজিন চক্র বিশিষ্ট যেমন বাইফিনাইল, ডাইফিনাইল মিথেন এবং ট্রাইফিনাইল মিথেন। এবং (ii) ঘন সন্নিবিষ্ট বেনজিন চক্রবিশিষ্ট, যাতে বেনজিন চক্রগুলি একে অন্যের সঙ্গে অর্থো অবস্থানে এমনভাবে সংযুক্ত থাকে, যাতে উভয় বেনজিন চক্রের অর্থো কার্বন পরমাণুদ্বয় দুটি চক্রে সাধারণভাবে বর্তমান থাকে। এখানে বেনজিন চক্রের স্বতন্ত্র কোন অস্তিত্ব নেই। উদাহরণ ন্যাপথ্যালিন, অ্যানথ্রাসিন ইত্যাদি।

ডাইফিনাইল বা বাইফিনাইল, $C_6H_5C_6H_5$: আলকাতরায় অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়। (i) ঝামা পাথর ভর্তি উত্তপ্ত লোহার পাইপের মধ্য দিয়ে বেনজিনে বাষ্প পাঠিয়ে বাইফিনাইলের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$2C_6H_6 \rightarrow C_6H_5\text{—}C_6H_5 + H_2$$

(ii) ব্রোমোবেনজিনের ইথার দ্রবণের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় (ফিটিগ বিক্রিয়া) বাইফিনাইল উৎপন্ন হয়।

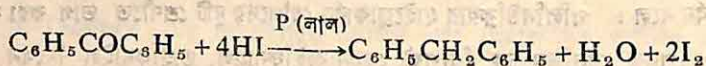
$$2C_6H_5Br + Na \longrightarrow C_6H_5{\cdot}C_6H_5 + 2NaBr$$

(iii) বদ্ধ নলে আয়োডোবেনজিনের সঙ্গে কপার চূর্ণকে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে (উলম্যান বিক্রিয়া) বাইফিনাইল পাওয়া যায়।

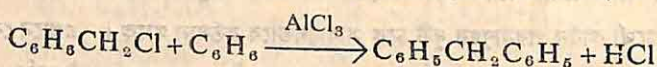
$$2C_6H_5I + Cu \longrightarrow C_6H_5C_6H_5 + 2CuI$$

বাইফিনাইল বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 71°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 225°C। এটি জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। তাপে এটি অত্যন্ত স্থায়ী যৌগ। জারণে বাইফিনাইল থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জল ও কিছু বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়। বাইফিনাইল অর্থোপ্যারা নির্দেশক বলে নাইট্রেশানে 4 নাইট্রো-

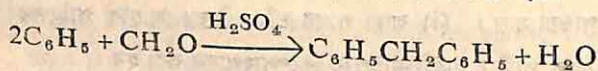
ফিনাইল (বেশি) এবং 2 নাইট্রো বাইফিনাইল অল্প পাওয়া যায়। অধিক নাইট্রেশানে 4, 4′, 2, 4′ এবং 2, 2′ ডাই নাইট্রো যৌগ পাওয়া যায়।

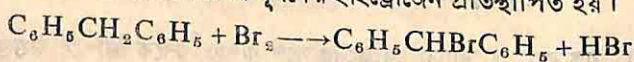
ব্যবহার ঃ শিল্পে তাপ স্থানান্তর করতে বাইফিনাইল ব্যবহৃত হয়। ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত বাই ফিনাইল যৌগ প্লাস্টিসাইজার হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

ডাইফিনাইল মিথেন, $C_6H_5CH_2C_6H_5$ ঃ প্রস্তুতি ঃ (i) বেনজোফিনোনকে হাইড্রোআয়োডিক ও লাল ফসফরাস দিয়ে বিজারণে ডাইফিনাইল মিথেন পাওয়া যায়।

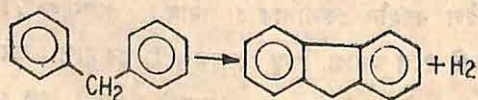
$$C_6H_5COC_6H_5 + 4HI \xrightarrow{P\ (\text{লাল})} C_6H_5CH_2C_6H_5 + H_2O + 2I_2$$

(ii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বেনজিনের ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়ায় ডাইফিনাইল মিথেন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5CH_2Cl + C_6H_6 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_2C_6H_5 + HCl$$

(iii) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে এক অণু ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে দুই অণু বেনজিনের বিক্রিয়ায় ডাইফিনাইল বেনজিন উৎপন্ন হয়।

$$2C_6H_6 + CH_2O \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5CH_2C_6H_5 + H_2O$$

ডাইফিনাইল মিথেন সুন্দর গন্ধযুক্ত সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 26°C। ডাইফিনাইল মিথেনকে জারিত করলে বেনজোফিনোন পাওয়া যায়। এর অন্যান্য বিক্রিয়াগুলি বাইফিনাইলের মত। যেমন নাইট্রেশান করলে 4 অবস্থানকে নাইট্রোমূলক প্রতিস্থাপিত করে। ডাইফিনাইল মিথেনে দুটি ইলেকট্রন আকর্ষী ফিনাইলমূলক মেথিলিন মূলকে যুক্ত বলে মেথিলিন মূলকের হাইড্রোজেন বেশ সক্রিয় এবং ব্রোমিনেশান করলে এই মেথিলিন মূলকের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়।

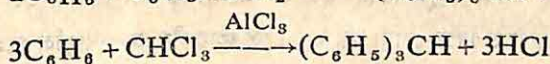
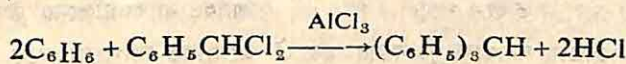
$$C_6H_5CH_2C_6H_5 + Br_2 \longrightarrow C_6H_5CHBrC_6H_5 + HBr$$

ডাইফিনাইল মিথাইল ব্রোমাইড

তপ্ত নলের মধ্যে দিয়ে ডাইফিনাইল মিথেনের বাষ্প প্রবাহিত করলে ফ্লুরিন নামে হাইড্রোকার্বন পাওয়া যায়।

$$C_6H_5CH_2C_6H_5 \longrightarrow C_{13}H_{10}\ (\text{ফ্লুরিন}) + H_2$$

সুগন্ধি পদার্থ হিসেবে সাবান শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

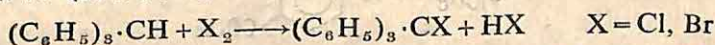
ট্রাইফিনাইল মিথেন $(C_6H_5)_3CH$: বেনজিনের সঙ্গে বেনজিলিডিন ক্লোরাইড বা ক্লোরোফর্মের ফ্রিডেল ক্রাফট বিক্রিয়ায় ট্রাইফিনাইল মিথেন প্রস্তুত করা হয়।

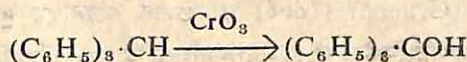
$$2C_6H_6 + C_6H_5CHCl_2 \xrightarrow{AlCl_3} (C_6H_5)_3CH + 2HCl$$

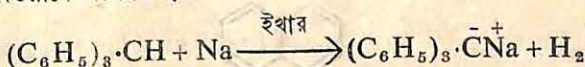
$$3C_6H_6 + CHCl_3 \xrightarrow{AlCl_3} (C_6H_5)_3CH + 3HCl$$

জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজালডিহাইডের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়ায় ট্রাইফিনাইল মিথেন প্রস্তুত করা যায়।

$$2C_6H_6 + C_6H_5CHO \longrightarrow (C_6H_5)_3CH + H_2O$$

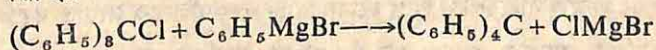
ট্রাইফিনাইল মিথেন বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 93°C। কোহলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু ইথার ও বেনজিনে দ্রাব্য। তিনটি ইলেকট্রন আকর্ষী ফিনাইল মূলক তৃতীয়ক কার্বন (≡CH) সঙ্গে যুক্ত থাকায় ঐ তৃতীয়ক কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেনটি অত্যন্ত সক্রিয় হয় এবং ক্লোরিন বা ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপিত হয়ে ট্রাইফিনাইল মিথাইল হ্যালাইড উৎপন্ন করে।

$$(C_6H_5)_3{\cdot}CH + X_2 \longrightarrow (C_6H_5)_3{\cdot}CX + HX \qquad X = Cl, Br$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড মাধ্যমে ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে ট্রাইফিনাইল কার্বিনল উৎপন্ন হয়।

$$(C_6H_5)_3{\cdot}CH \xrightarrow{CrO_3} (C_6H_5)_3{\cdot}COH$$

ট্রাইফিনাইল মিথেনের ইথার দ্রবণের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় ট্রাইফিনাইল মিথাইল সোডিয়ামে পরিণত হয়।

$$(C_6H_5)_3{\cdot}CH + Na \xrightarrow{\text{ইথার}} (C_6H_5)_3{\cdot}\overset{-}{C}\overset{+}{Na} + H_2$$

ট্রাইফিনাইল মিথেনের প্রতিস্থাপিত যৌগগুলি ট্রাইফিনাইল মিথেন রঞ্জন বস্তু হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

টেট্রাফিনাইল মিথেন, $(C_6H_5)_4C$: কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ও বেনজিনের বিক্রিয়ায় টেট্রাফিনাইল মিথেন প্রস্তুত করা যায় না। ট্রাইফিনাইল মিথাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে ফিনাইল ম্যাগনেশিয়াম ব্রোমাইডের বিক্রিয়ায় টেট্রাফিনাইল মিথেন প্রস্তুত করা হয়।

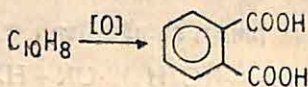
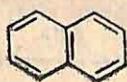
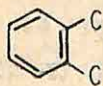
$$(C_6H_5)_3CCl + C_6H_5MgBr \longrightarrow (C_6H_5)_4C + ClMgBr$$

টেট্রাফিনাইল মিথেন কেলাসাকার কঠিন ও অত্যন্ত স্থায়ী যৌগ। গলনাঙ্ক 282°C।

ন্যাপথ্যালিন, $C_{10}H_8$ ঃ আলকাতরায় একক পদার্থ হিসেবে সবচেয়ে বেশি পরিমাণে পাওয়া যায়। আলকাতরা থেকে প্রাপ্ত মধ্যম ও ভারী তেলকে ঠাণ্ডা করলে ন্যাপথ্যালিন কেলাসিত হয়ে পড়ে। পরে এই অশোধিত ন্যাপথ্যালিনের উপর চাপ প্রয়োগে তেলজাতীয় পদার্থকে দূর করার পর ঐ অশোধিত ন্যাপথ্যালিনকে গলিয়ে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে ধোয়া হয়। এতে ক্ষারকীয় অপদ্রব্যগুলি চলে যায়। পরে জল ও কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ দিয়ে ধুয়ে অম্লজাতীর পদার্থকে দূর করা হয়। এই ন্যাপথ্যালিনকে পাতিত করলে বিশুদ্ধ ন্যাপথ্যালিন পাওয়া যায়।

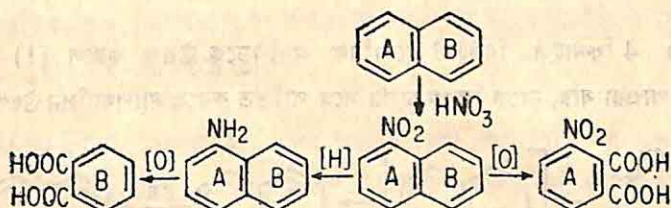
ন্যাপথ্যালিনের গঠন ঃ (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, ন্যাপথ্যালিনের আণবিক সংকেত $C_{10}H_8$।

(2) বেনজিনের মত ন্যাপথ্যালিনের অ্যারোম্যাটিক ধর্ম লক্ষ্য করা যায়।

(3) ন্যাপথ্যালিনকে জারিত করলে থ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$C_{10}H_8 \xrightarrow{[O]} C_6H_4(COOH)_2$$

(4) আরলেনমেয়ার (1866 খ্রীষ্টাব্দে) ন্যাপথ্যালিনের সুষম গঠন প্রস্তাব করেন এবং গ্র্যাবে (Graebe) (1868) তা প্রমাণ করেন, যে দুটি বেনজিন চক্র অর্থো অবস্থানে ঘন সন্নিবিষ্ট অবস্থায় ন্যাপথ্যালিনে আছে। নিম্নলিখিতভাবে তিনি এটি প্রমাণ করেন। ন্যাপথ্যালিনকে জারিত করলে থ্যালিক অ্যাসিড (বেনজিন

অর্থো ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড) পাওয়া যায়। অতএব ন্যাপথ্যালিন অণুতে একটি বেনজিন চক্রের অর্থো অবস্থানে দুটি পার্শ্বশৃংখল আছে।

ন্যাপথ্যালিনকে নাইট্রেশানে প্রাপ্ত মনোনাইট্রোন্যাপথ্যালিনকে জারিত করলে অর্থো নাইট্রোথ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এটিতে প্রমাণিত হয় যে ন্যাপথ্যালিনের বেনজিন চক্রে নাইট্রোমূলক আছে। এখন এই নাইট্রোন্যাপথ্যালিনকে বিজারিত করলে অ্যামাইনো ন্যাপথ্যালিন পাওয়া যায়। এক্ষেত্রেও অ্যামাইনো মূলকটি বেনজিন

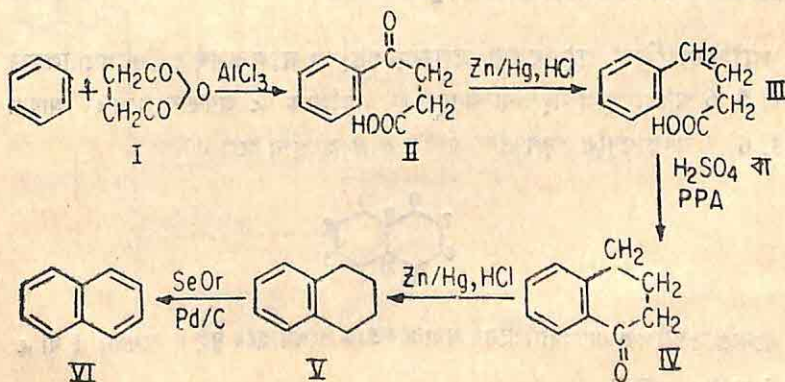
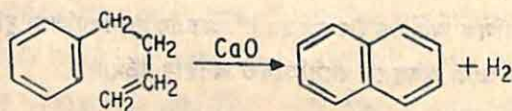
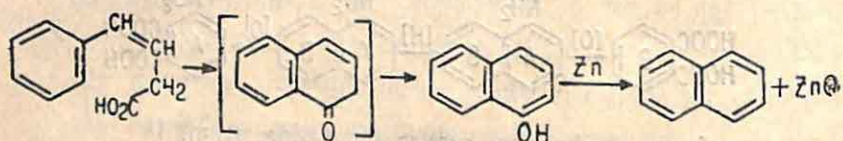
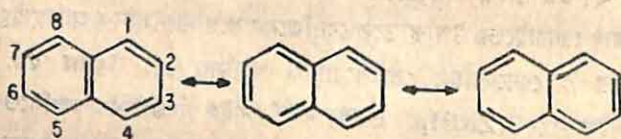
চক্রে যুক্ত থাকবে। এখন এই অ্যামাইনোন্যাপথ্যালিনকে জারিত করলে কেবলমাত্র থ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে অ্যামাইনো মূলক যুক্ত বেনজিন চক্রটি জারিত হয়ে থ্যালিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অতএব ন্যাপথ্যালিনে দুটি বেনজিন চক্র পরস্পরের সঙ্গে অর্থো অবস্থানে ঘনসন্নিবিষ্ট অবস্থায় বর্তমান।

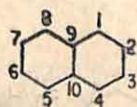
HNO_3 ; NO_2 ; NH_2 ; HOOC, HOOC (B) ← [O] ← (A)(B) ← [H] ← (A)(B) → [O] → (A) COOH, COOH

ন্যাপথ্যালিনের এই গঠন বিভিন্ন সংশ্লেষণ দ্বারা প্রমাণিত করা যায়।

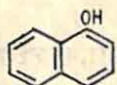
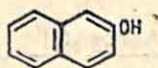
(a) **হাওয়ার্থের সংশ্লেষণ** (Hawarth's Synthesis) : অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইডের (I) বিক্রিয়ায় β বেনজোয়িল প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (II) উৎপন্ন হয়, যাকে ক্লিমেনসন বিজারণে (Zn/Hg, HCl) γ ফিনাইল বিউটিরিক অ্যাসিডে (III) পরিণত করা হয়। এখন এই III অ্যাসিডকে ঘন সালফিউরিক বা পলিফসফোরিক অ্যাসিডের (PPA) সাহায্যে উত্তপ্ত করলে α-টেট্রালোনে (IV) পরিণত হয়। α-টেট্রালোনকে ক্লিমেনসন বিজারণে টেট্রাহাইড্রোন্যাপথ্যালিন (V) উৎপন্ন হয়। যাকে সেলেনিয়াম বা প্যালাডিয়াম চারকোল দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডিহাইড্রোজিনেশানের দ্বারা ন্যাপথ্যালিনে (VI) পরিণত হয়।

CH_2CO, CH_2CO >O (I) —$AlCl_3$→ (C=O, CH_2, CH_2, HOOC) II —Zn/Hg, HCl→ (CH_2, CH_2, CH_2, HOOC) III

↓ H_2SO_4 বা PPA

VI ← SeOr Pd/C ← V ← Zn/Hg, HCl ← (CH_2, CH_2, CH_2, C=O) IV

(b) 4 ফিনাইল বিউট-1-ইন যৌগটিকে লোহিত তপ্ত ক্যালসিয়াম অক্সাইডের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে ন্যাপথ্যালিন উৎপন্ন হয়।

(c) 4 ফিনাইল বিউট-3-ইনোয়িক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে (1) ন্যাপথল পাওয়া পাওয়া যায়, যাকে জিঙ্ক চূর্ণের সঙ্গে পাতিত করলে ন্যাপথ্যালিন উৎপন্ন হয়।

তিনটি সংস্পন্দন গঠনের সঙ্করণ অবস্থাটি হবে ন্যাপথ্যালিনের সংস্পন্দন গঠন।

এতে দেখা যায় যে ন্যাপথ্যালিনের 1, 2 অবস্থানের (এবং এর তুল্যমানের অবস্থানের) কার্বন পরমাণুর মধ্যে গড় দ্বিবন্ধের পরিমাণ হলো $\frac{2}{3}$ অংশ কারণ তিনটি গঠনের মধ্যে দুটি গঠনে 1, 2 অবস্থানে দ্বিবন্ধ আছে। অপর পক্ষে 2, 3 এবং এর অনুরূপ বা তুল্যমানের অবস্থানে দ্বিবন্ধের পরিমাণ হবে $\frac{1}{3}$। এই কারণে ন্যাপথ্যালিনের অ্যারোম্যাটিক ধর্ম বেনজিনের থেকে কিছুটা কম হয়।

ন্যাপথ্যালিক জাতকের সমাবয়বতা ও নামকরণ: ন্যাপথ্যালিনের 1, 4, 5, 6 অবস্থানগুলি সদৃশ বা অনুরূপ। এগুলিকে α অবস্থান বলে। আবার 2, 3, 6, 7 অবস্থানগুলি সদৃশ এবং এগুলিকে β অবস্থান বলে।

মনোপ্রতিস্থাপিত ন্যাপথ্যালিনের সমাবয়বতার সংখ্যা হবে দুই। যেমন 1 বা α এবং 2 বা β। যেমন

1 বা α ন্যাপথল   2 বা β ন্যাপথল

দ্বিপ্রতিস্থাপিত ন্যাপথ্যালিনের সমাবয়বতার সংখ্যা $C_{10}H_6X_2$-র ক্ষেত্রে দশ এবং $C_{10}H_6XY$-এর ক্ষেত্রে চৌদ্দ।

ভৌত ধর্ম ঃ ন্যাপথ্যালিন সাদা চকচকে পাত বা প্লেটের মত কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 80°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 218°C। অত্যন্ত উদ্বায়ী এবং সহজেই ঊর্ধ্বপাতিত হয়। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। এটির তীব্র ও বৈশিষ্ট্যপূর্ণ গন্ধ আছে।

রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ বেনজিনের মত ন্যাপথ্যালিন জারণ, বিজারণ, যুতযোগ বিক্রিয়া এবং প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ নেয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বেনজিনের থেকে ন্যাপথ্যালিন অনেক বেশি সক্রিয়।

(1) জারণ বিক্রিয়া ঃ

$HgSO_4/H_2SO_4$ → (থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড)

O_2/V_2O_5 → $+ 2CO_2 + 2H_2O$

ক্ষারীয় $KMnO_4$ → COOH, CO.COOH (থ্যালনিক অ্যাসিড)

$H^+/KMnO_4$ → CO_2H, CO_2H

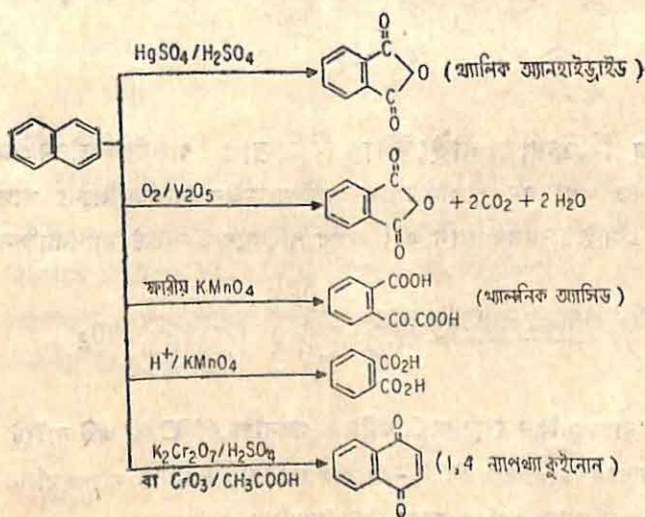
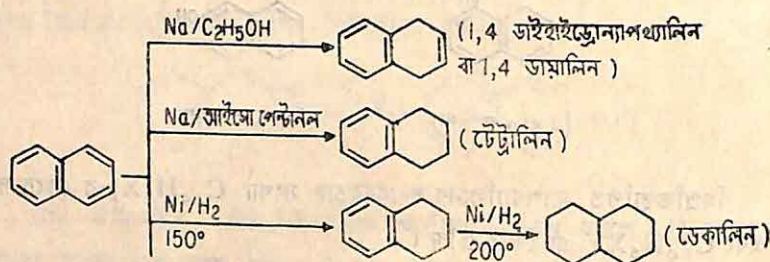
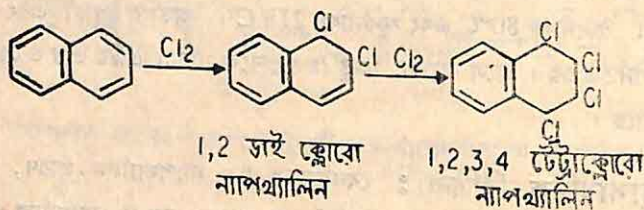
$K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ বা CrO_3/CH_3COOH → (1,4 ন্যাপথ্যাকুইনোন)

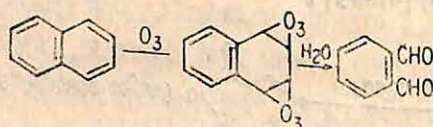
(2) বিজারণ (যুতযৌগ গঠন) ঃ

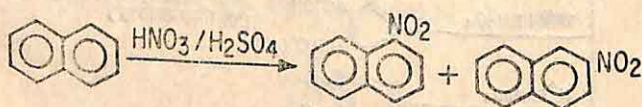
Na/C_2H_5OH → (1,4 ডাইহাইড্রোন্যাপথ্যালিন বা 1,4 ডায়ালিন)

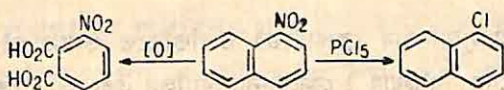
Na/আইসো পেন্টানল → (টেট্রালিন)

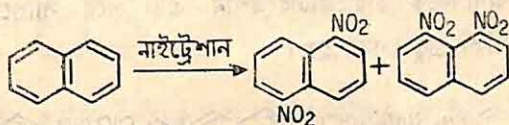
Ni/H_2, 150° → ; Ni/H_2, 200° → (ডেকালিন)

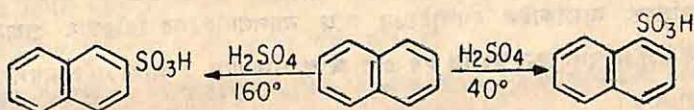
(3) ক্লোরিনের সঙ্গে যুতযৌগ গঠন ঃ

Cl_2 → 1,2 ডাই ক্লোরো ন্যাপথ্যালিন; Cl_2 → 1,2,3,4 টেট্রাক্লোরো ন্যাপথ্যালিন

ওজোনোলিসিস ঃ ন্যাপথ্যালিনের সঙ্গে ওজোনের বিক্রিয়ায় ডাইওজোনাইড উৎপন্ন হয়। জিঙ্ক চূর্ণের উপস্থিতিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে থ্যালালডিহাইডে পরিণত হয়।

O_3 → (ডাইওজোনাইড, O_3, O_3) $\xrightarrow{H_2O}$ (CHO, CHO)

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঃ নাইট্রেশান বিক্রিয়া ঃ স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ ন্যাপথ্যালিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রধানত 1 নাইট্রোন্যাপথ্যালিন এবং অল্প পরিমাণে 2 নাইট্রো ন্যাপথ্যালিন

HNO_3/H_2SO_4 → (NO_2) + (NO_2)

দেয়। 1 নাইট্রো ন্যাপথ্যালিন হলুদ বর্ণের কঠিন। গলনাঙ্ক 60°C। এটি নাইট্রো বেনজিনের ন্যায় আচরণ করে, তবে PCl_5-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1 ক্লোরো ন্যাপথ্যালিন দেয়। নাইট্রো ন্যাপথ্যালিনকে জারিত করলে নাইট্রোথ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

NO_2 HO_2C HO_2C [O] NO_2 PCl_5 Cl

উচ্চ তাপমাত্রায় ন্যাপথ্যালিনকে অনেকক্ষণ ধরে নাইট্রেশানে 1, 5 এবং 1, 8 ডাইনাইট্রো ন্যাপথ্যালিন পাওয়া যায়।

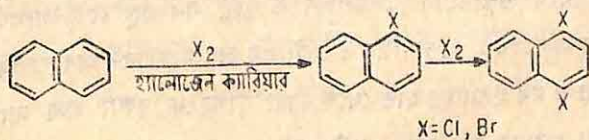
নাইট্রেশান NO_2 NO_2 + NO_2 NO_2

সালফোনেশান ঃ 40°C-এ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ন্যাপথ্যালিনের বিক্রিয়ায় প্রধানত ন্যাপথ্যালিন 1 বা ৫-সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, কিন্তু 160°C-এ প্রধানত ন্যাপথ্যালিন 2 সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

SO_3H H_2SO_4 160° H_2SO_4 40° SO_3H

1 এবং 2 ন্যাপথ্যালিন সালফোনিক অ্যাসিড জলাকর্ষী কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক যথাক্রমে 140°C এবং 91°C। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এই যৌগ দুটি বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করে। ন্যাপথ্যালিন সালফোনিক অ্যাসিডকে কস্টিক পটাশের সঙ্গে মিশিয়ে গলিয়ে ফেললে ন্যাপথল পাওয়া যায় এবং PCl_5-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরো ন্যাপথল পাওয়া যায়।

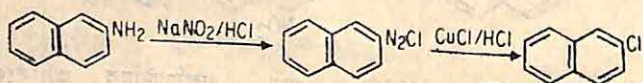
প্রায় সমস্ত β বা 2 ন্যাপথ্যালিন জাতকসমূহ β ন্যাপথ্যালিন সালফোনিক থেকে প্রস্তুত করা হয়।

হ্যালোজিনেশান ঃ হ্যালোজেন ক্যারিয়ারের উপস্থিতিতে ক্লোরিন এবং ব্রোমিনকে ন্যাপথ্যালিনের ফুটন্ত কার্বন ডাই-সালফাইড দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করলে যথাক্রমে 1 ক্লোরো এবং 1 ব্রোমো ন্যাপথ্যালিন উৎপন্ন হয়। অতিরিক্ত ক্লোরিন এবং ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে 1, 4 ডাইক্লোরো 1, 4 ডাইব্রোমো ন্যাপথ্যালিন উৎপন্ন হয়।

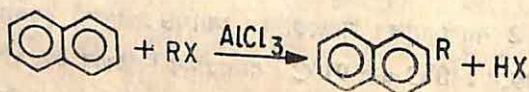
X_2 হ্যালোজেন ক্যারিয়ার X X_2 X X

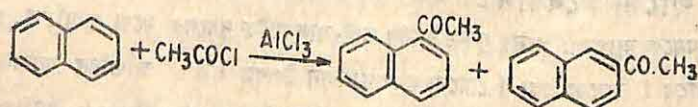
X = Cl, Br

25°C-এ অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফসফোরাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে ন্যাপথ্যালিনের বিক্রিয়ায় 1 ক্লোরো-ন্যাপথ্যালিন এবং অতিরিক্ত ফসফোরাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1, 4 ডাইক্লোরো ন্যাপথ্যালিন উৎপন্ন করে।

সরাসরি হ্যালোজিনেশানে 2 হ্যালো ন্যাপথ্যালিন যৌগ প্রস্তুত করা যায় না। 2 ন্যাপথাইল অ্যামিনকে ডায়াজোটাইজেশান এবং পরে স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়ায় 2 হ্যালোন্যাপথ্যালিন প্রস্তুত করা হয়।

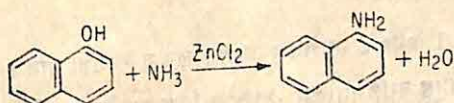
$$C_{10}H_7NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HCl} C_{10}H_7N_2Cl \xrightarrow{CuCl/HCl} C_{10}H_7Cl$$

হ্যালোন্যাপথ্যালিন যৌগগুলি হ্যালোবেনজিনের ন্যায় আচরণ করে।

ফ্রিডেল ক্রাফ্‌ট্‌ বিক্রিয়া ঃ কম তাপমাত্রায় এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে ন্যাপথ্যালিনের বিক্রিয়ায় প্রধানত 2 অ্যালকাইল ন্যাপথ্যালিন উৎপন্ন হয় এবং অল্প পরিমাণে 1 অ্যালকাইল ন্যাপথ্যালিন পাওয়া যায়।

$$C_{10}H_8 + RX \xrightarrow{AlCl_3} C_{10}H_7R + HX$$

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে ন্যাপথ্যালিনের বিক্রিয়ায় 1 এবং 2 অ্যাসাইল ন্যাপথ্যালিন পাওয়া যায় এবং যাদের পরিমাণ দ্রাবকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। যেমন অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে কার্বন ডাই-সালফাইড এবং নাইট্রোবেনজিন ব্যবহারে α এবং β অ্যাসিটাইল জাতকের পরিমাণের অনুপাত যথাক্রমে 3 : 1 এবং 1 : 9 হয়।

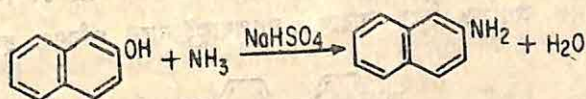
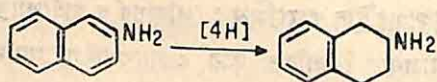
$$C_{10}H_8 + CH_3COCl \xrightarrow{AlCl_3} C_{10}H_7COCH_3\,(1) + C_{10}H_7CO.CH_3\,(2)$$

ব্যবহার ঃ থ্যালিক অ্যাসিড ও অ্যানহাইড্রাইড এবং অন্যান্য রঞ্জন যৌগের অন্তরবর্তী যৌগ প্রস্তুতিতে, ডেকালিন ও টেট্রালিন প্রস্তুতিতে ন্যাপথ্যালিন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ডেকালিন ও টেট্রালিন দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া পোকামাকড় ও মথ ইত্যাদির হাত থেকে জামা কাপড়কে রক্ষার জন্য ন্যাপথ্যালিনের গুলি (Ball) ব্যবহার করা হয়। এটি কীটনাশক পদার্থ।

1 বা ∝ ন্যাপথাইল অ্যামিন : লৌহ চূর্ণ ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে 1 নাইট্রো ন্যাপথ্যালিনকে বিজারিত করে ∝ ন্যাপথাইল অ্যামিনের শিল্পোৎপাদন করা হয়। এছাড়া 250°C-এ ন্যাপথলকে জিঙ্ক ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়ার সঙ্গে উত্তপ্ত করে ∝ ন্যাপথাইল অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়।

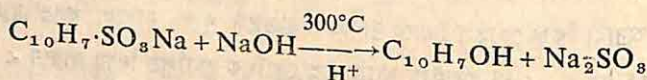
$$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OH} + NH_3 \xrightarrow{ZnCl_2} \text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH}_2 + H_2O$$

∝ ন্যাপথাইল অ্যামিন বিশ্রী গন্ধযুক্ত বর্ণহীন কঠিন। গলনাঙ্ক 50°C। জলে প্রায় অদ্রাব্য কিন্তু কোহল ইথারে দ্রাব্য। বাতাসে খুলে রাখলে ধূসর বাদামী বর্ণে পরিণত হয়। ∝ ন্যাপথাইল অ্যামিনকে ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে ∝ ন্যাপথ্যা-কুইনোন পাওয়া যায়। পারম্যাঙ্গানেট দিয়ে জারণে থ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই অ্যামিনটি অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেটকে বিজারিত করে এবং ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নীল রঙের অধঃক্ষেপ দেয়।

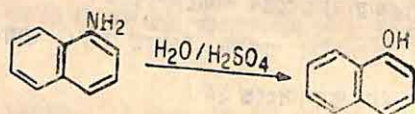
রঞ্জন শিল্পে ∝ ন্যাপথাইল অ্যামিন ব্যবহৃত হয়। ডায়াজোনিয়াম লবণ ∝ -ন্যাপথাইল অ্যামিনের 4নং স্থানে সংযুক্ত হয়।

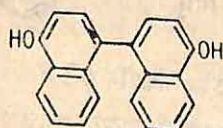
2 বা β ন্যাপথাইল অ্যামিন : সোডিয়াম বাই-সালফাইট, অ্যামোনিয়া এবং β ন্যাপথলকে একত্রে উত্তপ্ত করে β ন্যাপথাইল অ্যামিন প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়াটিকে বুচেরার (Bucherer) বিক্রিয়া বলে।

$$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OH} + NH_3 \xrightarrow{NaHSO_4} \text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH}_2 + H_2O$$

β ন্যাপথাইল অ্যামিন বর্ণহীন, গন্ধহীন কঠিন। গলনাঙ্ক 112°C, জলে অদ্রাব্য কিন্তু কোহল ইথারে দ্রাব্য। অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেটকে বিজারিত করতে পারে কিন্তু ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে কোন রঙিন অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না। পারম্যাঙ্গানেট দিয়ে জারণে থ্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ডায়াজোনিয়াম লবণ β ন্যাপথাইল অ্যামিনের 1নং স্থানে সংযুক্ত হয়। কিন্তু 1নং স্থানটি অন্য কোন মূলক দিয়ে অধিকৃত থাকলে অন্য কোন স্থানে সংযোগ হয় না। সোডিয়াম ও আইসো অ্যামাইল কোহলের দ্বারা β ন্যাপথাইল অ্যামিনের বিজারণে 1, 2, 3, 4 টেট্রাহাইড্রো β ন্যাপথাইল অ্যামিন পাওয়া যায়। অ্যামাইনো মূলক যুক্ত বেনজিন চক্রটি বিজারিত হয়।

β ন্যাপথাইল অ্যামিন রঞ্জন শিল্পে ব্যবহৃত হয় এবং এটি খুবই কার্সিনোজেনিক (Carcinogenic) পদার্থ।

ন্যাপথল : 1 এবং 2 ন্যাপথল আলকাতরায় পাওয়া যায়। 300°C-এ কস্টিক সোডার সঙ্গে উপযুক্ত ন্যাপথ্যালিন সালফোনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত যৌগকে আম্লিক করলে 1 এবং 2 ন্যাপথল পাওয়া যায়

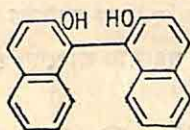
$$C_{10}H_7 \cdot SO_3Na + NaOH \xrightarrow[H^+]{300°C} \underset{\text{ন্যাপথল}}{C_{10}H_7OH} + Na_2SO_3$$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে α ন্যাপথাইল অ্যামিনকে উত্তপ্ত করলে বিশুদ্ধ 1 বা α ন্যাপথল পাওয়া যায়।

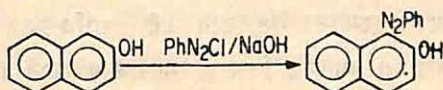
$$\text{NH}_2\text{-naphthalene} \xrightarrow{H_2O/H_2SO_4} \text{OH-naphthalene}$$

1 বা α ন্যাপথল : ফিনলের ন্যায় মৃদু গন্ধ বিশিষ্ট বর্ণহীন, কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 94°C। জলে স্বল্প দ্রাব্য কিন্তু ক্ষার দ্রবণে ন্যাপথক্সাইড উৎপন্ন করে দ্রাব্য হয়। α ন্যাপথল অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেটকে বিজারিত করে এবং ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে α ন্যাপথাকুইনোনে পরিণত হয়। ফেরিক

HO—(naphthyl)—(naphthyl)—OH

ক্লোরাইডের সঙ্গে α ন্যাপথলের বিক্রিয়ায় নীলচে বেগুনি রঙের α ডাইন্যাপথল উৎপন্ন হয়।

ডায়াজোনিয়াম লবণের সঙ্গে α ন্যাপথলের ক্ষারীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় ন্যাপথলের 4নং অবস্থানে সংযুক্ত হয়।

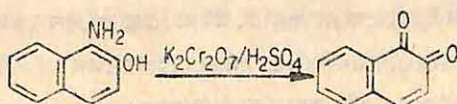
2 বা β ন্যাপথল : ফিনলের ন্যায় মৃদু গন্ধ বিশিষ্ট বাদামী রঙের কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 123°C। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ন্যাপথক্সাইড উৎপন্ন করে। এটি রাসায়নিক ধর্ম α ন্যাপথলের মত তবে এটি অনেক বেশি

সক্রিয়। ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সবুজ রঙের β ডাইন্যাপথলে পরিণত হয়।

অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেটকে β ন্যাপথল বিজারিত করতে পারে এবং প্যারম্যাঙ্গানেট দিয়ে জারণে থ্যালোনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ডায়াজোনিয়াম লবণ β ন্যাপথলের ক্ষারীয় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1নং স্থানে সংযুক্ত হয়।

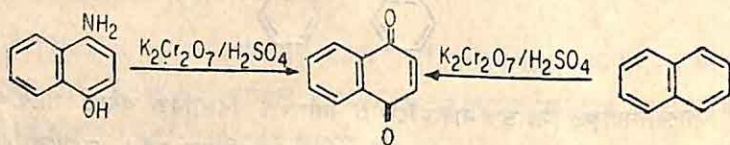
$$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OH} \xrightarrow{PhN_2Cl/NaOH} \text{1-}N_2Ph\text{-2-OH-naphthalene}$$

কোবাল্টকে সনাক্তকরণে এবং পরিমাণ মাপতে β ন্যাপথল ব্যবহৃত হয়। 2 ন্যাপথল (মিথাইল বা ইথাইল) ইথার-কে নিরোলিন (Neroliens) বলে, যা সুগন্ধী দ্রব্য প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া অ্যারোম্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনকে সনাক্তকরণেও ব্যবহৃত হয়।

ন্যাপথ্যাকুইনোন: ছটি ন্যাপথ্যাকুইনোন হতে পারে, এর মধ্যে তিনটি 1 : 2 ; 1 : 4 ; এবং 2 : 6 ন্যাপথ্যাকুইনোন জানা আছে।

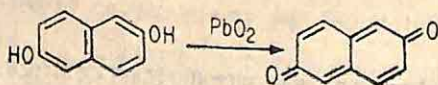
1 : 2 বা β ন্যাপথ্যাকুইনোন বা (1 : 2 ডাইহাইড্রোন্যাপথ্যালিন 1 : 2 ডাইওন): ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে 1 অ্যামাইনো 2 ন্যাপথলকে জারিত করলে β ন্যাপথ্যাকুইনোন পাওয়া যায়।

$$\text{1-}NH_2\text{-2-OH-naphthalene} \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \text{1,2-naphthoquinone}$$

β ন্যাপথ্যাকুইনোন গন্ধহীন, লাল রঙের অনুদ্বায়ী কঠিন। 115°C-এ উত্তপ্ত করলে ভেঙ্গে যায়। নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে β ন্যাপথ্যাকুইনোন থ্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এতে বোঝা যায় যে দুটি অক্সিজেন পরমাণু একটি বেনজিন চক্রে সংযুক্ত।

1 : 4 বা α ন্যাপথ্যাকুইনোন (1 : 4 ডাইহাইড্রোন্যাপথ্যালিন 1 : 4 ডাইওন)ঃ 1 অ্যামাইনো 4 হাইড্রক্সি বা 1 : 4 ডাইঅ্যামাইনো ন্যাপথ্যালিনকে ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে α ন্যাপথ্যাকুইনোন পাওয়া যায়। ন্যাপথ্যালিনকে সরাসরি জারণেও প্রস্তুত করা যায়।

$$\text{(NH}_2\text{, OH-naphthalene)} \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \text{1,4-naphthoquinone} \xleftarrow{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \text{naphthalene}$$

β ন্যাপথ্যাকুইনোন উগ্রগন্ধ বিশিষ্ট হলুদ রঙের কঠিন। গলনাঙ্ক 125°C। নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে থ্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। β ন্যাপথ্যাকুইনোনের ধর্ম অনেকটা প্যারা বেনজোকুইনোনের মত, তবে এটি সালফিউরাস অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত হয় না। ধাতু ও অ্যাসিড দিয়ে β ন্যাপথ্যাকুইনোন বিজারিত হয়ে 1 : 4 ডাইহাইড্রক্সিন্যাপথ্যালিনে পরিণত হয়।

2 : 6 ন্যাপথ্যাকুইনোন বা অ্যামফিন্যাপথ্যাকুইনোনঃ 2 : 6 ডাইহাইড্রক্সিন্যাপথ্যালিনের বেনজিন দ্রবণকে লেড ডাই-অক্সাইড দিয়ে জারিত করলে এই কুইনোনটি পাওয়া যায়।

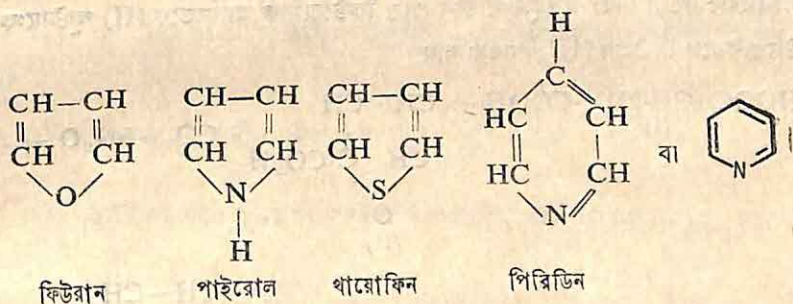
$$\text{HO-C}_{10}\text{H}_6\text{-OH} \xrightarrow{PbO_2} \text{O=C}_{10}\text{H}_6\text{=O}$$

এটি বর্ণহীন, অনুদ্বায়ী, কমলা রঙের কঠিন। গলনাঙ্ক 135°C।

প্রশ্নাবলী

1. পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন কাদের বলে ? বিভিন্ন ধরনের পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনের উদাহরণ দাও।
2. বাইফিনাইল কিভাবে সংশ্লেষণ করা যায় ?
3. বাইফিনাইল মিথেনের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার লেখ।
4. ট্রাইফিনাইল মিথেন প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার লেখ।
5. ন্যাপথ্যালিনের গঠন সম্বন্ধে যা জান লেখ।
6. ন্যাপথ্যালিন থেকে নিম্নলিখিত যৌগদের কিভাবে সংশ্লেষণ করা যায় (i) 1 : 4 ন্যাপথ্যাকুইনোন (ii) ডেকালিন (iii) থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড (iv) টেট্রালিন
7. সংশ্লেষণ করঃ (i) β ন্যাপথাইল অ্যামিন, (ii) 1 : 2 ন্যাপথ্যাকুইনোন (iii) 1 এবং 2 ন্যাপথল।

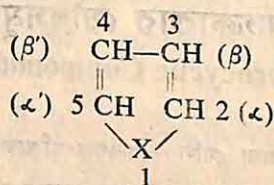
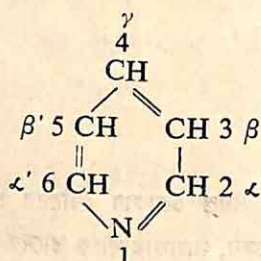
অসমচক্রাকার যৌগসমূহ
Heterocyclic Compounds

যে সমস্ত চক্রাকার যৌগের চক্রে কার্বন ও অন্য মৌল সাধারণত অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার থাকে তাদের অসমচক্রাকার যৌগ বলে। যে সমস্ত অসমচক্রাকার যৌগের চক্র সহজেই খুলে বা মুক্ত হয়ে যায় এবং যাদের অ্যারোম্যাটিক ধর্ম দেখা যায় না তাদের অসমচক্রাকার যৌগ বলে ধরা হয় না, যেমন চক্রাকার অ্যানহাইড্রাইড, ইথিলিন অক্সাইড ইত্যাদি। কার্বন এবং এক বা একাধিক অন্য মৌল দ্বারা গঠিত পাঁচ বা ছয় সদস্য বিশিষ্ট চক্রাকার যৌগ, যাতে অনুবন্ধী (Conjugated) দ্বিবন্ধ আছে এবং অ্যারোম্যাটিক ধর্ম পরিলক্ষিত হয়, সেই সমস্ত যৌগদের অসমচক্রাকার যৌগ বলে।

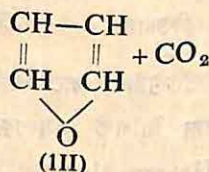
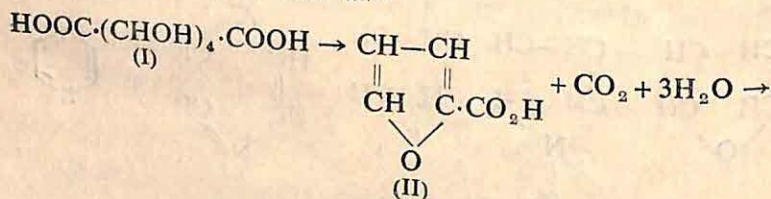
```
                                                      H
                                                      |
                                                      C
CH—CH      CH—CH     CH—CH                        HC     CH
||  ||     ||  ||    ||  ||                       ||     |      বা   (pyridine ring, N)
CH  CH     CH  CH    CH  CH                       HC     CH
  \O/        \N/       \S/                           \N//
              |
              H
ফিউরান      পাইরোল    থায়োফিন                      পিরিডিন
```

ফিউরান, থায়োফিন এবং পাইরোল পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট এবং পিরিডিন ছয় সদস্য বিশিষ্ট অসমচক্রাকার যৌগ। এই সমস্ত যৌগে একটি মাত্র অসম মৌল (Hetero element) আছে। অনেক অসমচক্রাকার যৌগ আছে, যাতে একটি অসম মৌল আছে অথবা অসম মৌল একটি থাকলে তার একাধিক পরমাণু ঐ চক্রে থাকতে পারে। এই অধ্যায়ে একটিমাত্র অসম মৌলের একটিমাত্র পরমাণু বিশিষ্ট অসমচক্রাকার যৌগের আলোচনা থাকবে।

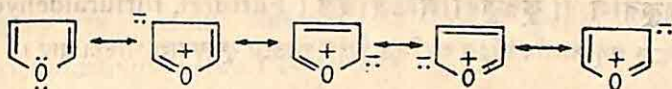
এই সমস্ত একটিমাত্র অসম পরমাণু বিশিষ্ট যৌগের পার্শ্বশৃংখলের অবস্থান সুনির্দিষ্ট করার জন্য গ্রীক অক্ষর বা সংখ্যা দিয়ে করা হয়। অসম মৌলের সংলগ্ন চক্রে অবস্থিত একটি পরমাণুকে α এবং অপরটিকে α' [illegible] মৌলের সংলগ্ন পরবর্তী পরমাণুকে β এবং β' ইত্যাদি বলা হয়। আর সংখ্যা দিয়ে সুনির্দিষ্ট করতে [illegible]

1 (এক) এবং চক্রের যে কোন একপাশ দিয়ে পরবর্তী পরমাণুকে 2, পরেরটি 3, 4 ইত্যাদি দিয়ে করা হয়।

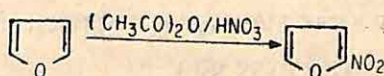
```
        4     3                              γ
(β')   CH—CH (β)                             4
       ||    ||                              CH
(α') 5 CH   CH 2 (α)                      /     \\
         \ /                       β' 5 CH        CH 3 β
          X                             ||        |
          1                        α' 6 CH        CH 2 α
                                           \    //
X = O, S বা NH                               N
                                             1
```

ফিউরান (Furan) **বা ফুরফুরান** (Furfuran) ঃ একটি অসম পরমাণু (অক্সিজেন) যুক্ত পাঁচ সদস্যবিশিষ্ট অসমচক্রাকার যৌগ।

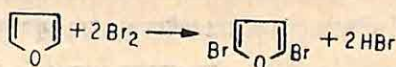
কাঠ এবং বিশেষ করে পাইন কাঠের অন্তর্ধূম পাতনে ফিউরান পাওয়া যায়। এছাড়া সংশ্লেষণ পদ্ধতিতেও ফিউরান প্রস্তুত করা যায়। যেমন মিউসিক অ্যাসিডের (Music acid) (I) অন্তর্ধূম পাতনে প্রাপ্ত ফিউরোয়িক অ্যাসিডকে (II) স্ফুটনাঙ্কে উত্তপ্ত করলে ফিউরান (III) পাওয়া যায়।

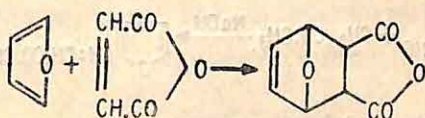
```
HOOC·(CHOH)₄·COOH → CH—CH
       (I)          ||   ||
                    CH   C·CO₂H  + CO₂ + 3H₂O →
                      \ /
                       O
                     (II)

                                        CH—CH
                                        ||  ||  + CO₂
                                        CH  CH
                                          \/
                                          O
                                        (III)
```

ফিউরান হলো ক্লোরোফর্মের মত গন্ধ বিশিষ্ট বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 32°C। পাইন কাঠের টুকরোয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লাগিয়ে ফিউরানের বাষ্পে ধরলে কাঠের টুকরোটি সবুজ হয়ে পড়ে।

গঠন ঃ ফিউরানের অক্সিজেনে দু' জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন আছে ; তার মধ্যে এক জোড়া চক্রের সঙ্গে সংস্পন্দনে অংশ নেয়। এতে ফিউরানে অ্যারোম্যাটিক ধর্ম দেখা যায়। তবে ফিউরানের অ্যারোম্যাটিক ধর্ম বেনজিন ও পিরিডিনের থেকে অনেক দুর্বল চরিত্রের এবং অনেক সময় এটি অসম্পৃক্ত ইথারের ন্যায় আচরণ করে।

ক্ষার দ্রবণে ফিউরান স্থায়ী, কিন্তু গাঢ় অ্যাসিডের সংস্পর্শে রজনের মত পদার্থ উৎপন্ন করে। সংস্পন্দন গঠনে অক্সিজেনে ধনাত্মক (+) আধান থাকায় ফিউরান খুবই দুর্বল ক্ষারীয় এবং লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে অক্সোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।

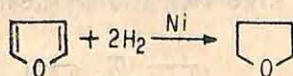
(1) ফিউরানকে সালফোনেশান এবং সাধারণভাবে নাইট্রেশান করা যায় না। কারণ শক্তিশালী অ্যাসিড ফিউরানের চক্রকে উন্মুক্ত করে দেয়। তবে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ৼ নাইট্রো বা 2 নাইট্রো ফিউরান উৎপন্ন হয়।

$$\xrightarrow{(CH_3CO)_2O/HNO_3} \quad NO_2$$

(2) ব্রোমিনের সঙ্গে ফিউরানের বিক্রিয়ায় 2, 5 ডাই-ব্রোমো ফিউরান উৎপন্ন হয়।

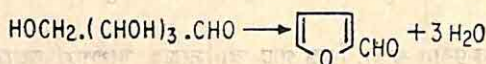
$$+ 2Br_2 \longrightarrow Br \quad Br + 2HBr$$

(3) ডাইইনের মত ফিউরানও ডিলস অ্যালডার (Diels Alder) বিক্রিয়া করে।

CH.CO / CH.CO >O → CO, O, CO

ফিউরান ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইড

(4) রেনি নিকেলের (Raney Nickel) উপস্থিতিতে ফিউরানকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করলে টেট্রাহাইড্রোফিউরান (Tetrahydrofuran বা THF) পাওয়া যায়।

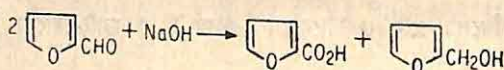
$$+ 2H_2 \xrightarrow{Ni}$$

টেট্রাহাইড্রোফিউরান জৈব বিক্রিয়ায় ইথারের পরিবর্তে নিষ্ক্রিয় দ্রাবক হিসেবে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

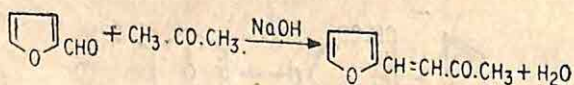
ফুরফুরাল বা ফুরফুর্যালডিহাইড (Furfural, furfuraldehyde) ঃ পেণ্টোজকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে পাতনে ফুরফুরাল পাওয়া যায়।

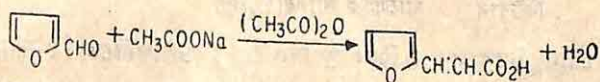
$$HOCH_2.(CHOH)_3.CHO \longrightarrow C_4H_3O\text{-}CHO + 3H_2O$$

ধানের তুষ (Bran), ভুট্টা, যব, তুলোর বীজের খোসা ইত্যাদি পেণ্টোজ সমৃদ্ধ পদার্থকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগে আদ্র বিশ্লেষিত করার পর বাষ্প পাতনে ফুরফুরালের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

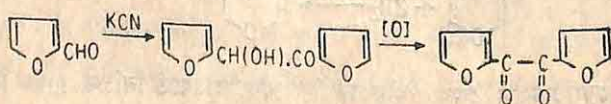
ফুরফুরাল সুন্দর গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 162°C। বাতাসে খুলে রাখলে বাদামী বর্ণে পরিণত হয়। ফুরফুরালের রাসায়নিক ধর্ম বেনজালডিহাইডের ন্যায়।

(1) কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে ফুরফুরাল ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় ফিউরোয়িক অ্যাসিড ও ফুরফুরাইল কোহলে পরিণত হয়।

$$2\,C_4H_3O\text{-}CHO + NaOH \longrightarrow C_4H_3O\text{-}CO_2H + C_4H_3O\text{-}CH_2OH$$

(2) ক্ষারের উপস্থিতিতে বেনজালডিহাইডের ন্যায় ফুরফুরাল ∝ হাইড্রোজেন বিশিষ্ট অ্যালডিহাইড বা কিটোনের সঙ্গে ক্লেজেন সংঘনে (Condensation) ∝ β অসম্পৃক্ত অ্যালডিহাইড বা কিটোন দেয়।

$$C_4H_3O\text{-}CHO + CH_3.CO.CH_3 \xrightarrow{NaOH} C_4H_3O\text{-}CH{=}CH.CO.CH_3 + H_2O$$

(3) পার্কিন (Perkin) বিক্রিয়ায় ফুরফুরাল ∝ β অসম্পৃক্ত অ্যাসিড দেয়।

$$C_4H_3O\text{-}CHO + CH_3COONa \xrightarrow{(CH_3CO)_2O} C_4H_3O\text{-}CH{:}CH.CO_2H + H_2O$$

(4) পটাশিয়াম সায়ানাইডের সঙ্গে ফুরফুরালের বিক্রিয়ায় ফিউরোয়িন (Furoin) উৎপন্ন হয়, যাকে জারিত করলে ফিউরিল পাওয়া যায়।

$$C_4H_3O\text{-}CHO \xrightarrow{KCN} \underset{\text{ফিউরোয়িন}}{C_4H_3O\text{-}CH(OH).CO\text{-}C_4H_3O} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{ফিউরিল}}{C_4H_3O\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}C_4H_3O}$$

(5) বেনজালডিহাইডের ন্যায় ফুরফুরাল ডাইমিথাইল অ্যানিলিন ও জিঙ্ক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ম্যালাকাইট গ্রীনের ন্যায় ফুরফুরালডিহাইড গ্রীন (Furfuraldehyde Green) উৎপন্ন করে।

ফিউরানের মত ফুরফুরালও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সিক্ত পাইন কাঠকে সবুজ করে।

রজন ও রঞ্জন প্রস্তুতিতে ফুরফুরাল ব্যবহৃত হয়।

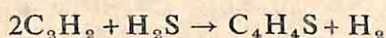
থায়োফিন (Thiophene), C_4H_4S : আলকাতরা থেকে প্রাপ্ত বাণিজ্যিক বেনজিনে থায়োফিন থাকে। বেনজিন থেকে থায়োফিনকে দূর করা বেশ কঠিন। কারণ আংশিক পাতনে বেনজিন থেকে থায়োফিন (স্ফুটনাঙ্ক 84°) মুক্ত করা অসম্ভব। থায়োফিন যুক্ত বেনজিনকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে ঝাঁকালে থায়োফিন জলে দ্রাব্য থায়োফিন সালফোনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়, যাকে জল দিয়ে ধুয়ে দূর করা হয়।

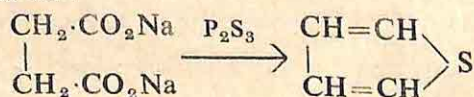
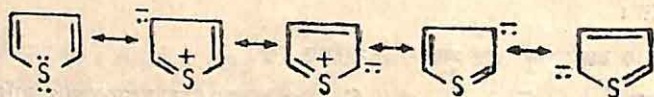
ইনডোফেনিন বিক্রিয়ায় (Indophenin reaction) বেনজিনে থায়োফিন আছে কিনা বোঝা যায়। এই পরীক্ষায় থায়োফিন যুক্ত বেনজিনে ইসাটিন (Isatin) ও সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে দ্রবণের রং নীল হয়।

বাণিজ্যিক বেনজিনকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে ঝাঁকিয়ে অ্যাসিড স্তরকে আলাদা করে সুতপ্ত বাষ্প থায়োফিন সালফোনিক অ্যাসিডকে থায়োফিনে পরিণত করে।

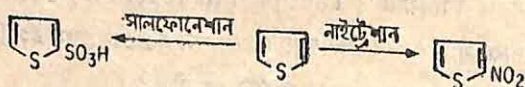
এছাড়া থায়োফিন মিশ্রিত বেনজিনে মারকারি অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে বেনজিন বিক্রিয়া করে না, কিন্তু থায়োফিন ডাইমারকারি হাইড্রক্সি অ্যাসিটেট হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়, যাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পাতনে থায়োফিন পাওয়া যায়।

সংশ্লেষণ পদ্ধতিতেও থায়োফিন প্রস্তুত করা যায়। যেমন 400°C-এ অ্যালুমিনা ভর্তি নলের মধ্য দিয়ে অ্যাসিটিলিন ও হাইড্রোজেন সালফাইড মিশ্রণ পরিচালিত করলে থায়োফিন পাওয়া যায়।

$$2C_2H_2 + H_2S \rightarrow C_4H_4S + H_2$$

এছাড়া ফসফরাস ট্রাইসালফাইডের সঙ্গে সোডিয়াম সাকসিনেটের বিক্রিয়ায় থায়োফিন পাওয়া যায়।

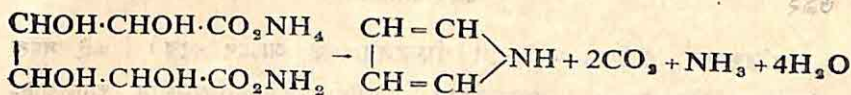
$$\begin{array}{l} CH_2\cdot CO_2Na \\ | \\ CH_2\cdot CO_2Na \end{array} \xrightarrow{P_2S_3} \left.\begin{array}{l} CH{=}CH \\ | \\ CH{=}CH \end{array}\right\rangle S$$

থায়োফিনের গঠন : থায়োফিনের সালফারে দু জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন আছে, তার মধ্যে একজোড়া সংস্পন্দন গঠনে অংশ নেয়। ফলে থায়োফিনের অ্যারোম্যাটিক ধর্ম দেখা যায়।

ধর্ম : থায়োফিন বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 84°C। জলে অদ্রাব্য এবং জলের থেকে ভারী। এটির গন্ধ অনেকটা বেনজিনের মত।

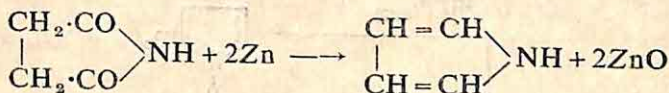
রাসায়নিক ধর্মে থায়োফিন বেনজিনের খুব কাছাকাছি। বেনজিনের মত থায়োফিনকেও খুব সহজে নাইট্রেশান, সালফোনেশান, হ্যালোজিনেশান বিক্রিয়া দেখায়।

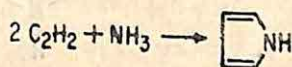
$$C_4H_3S{-}SO_3H \xleftarrow{\text{সালফোনেশান}} C_4H_4S \xrightarrow{\text{নাইট্রেশান}} C_4H_3S{-}NO_2$$

পাইরোল : আলকাতরায় অল্প পাইরোল পাওয়া যায়। এটির প্রধান উৎস হল হাড়ের (Bone) থেকে পাওয়া তেল যাকে ডিপ্পেলস অয়েল (Dippels oil or bone oil) বলে। বিভিন্ন প্রাকৃতিক জৈব যৌগের অণুতে পাইরোলের চক্রটি থাকে—যেমন ক্লোরোফিল, হিম্যাটিন ইত্যাদিতে।

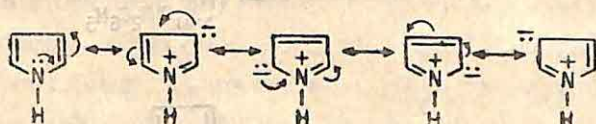
প্রস্তুতি : ডিপ্পেলস অয়েল থেকে : এই তেলকে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে ধুয়ে আম্লিক পদার্থকে দূর করা হয়। পরে অ্যাসিড দিয়ে ধুয়ে ক্ষারকীয় পদার্থ যেমন পিরিডিনকে দূর করা হয়। অতঃপর কস্টিক পটাশ দিয়ে সাবানীকরণ (Saponification) করে নাইট্রাইলকে দূর করা হয়। এই তেলকে আংশিক পাতন করা হয় এবং 115°–130°C-এর মধ্যে যে পাতিত তরল পাওয়া যায়, তাকে ধাতব পটাশিয়াম দিয়ে কঠিন পটাশিও জাতকে পরিণত করা হয়। এখন পাইরোলের এই কঠিন পটাশিও জাতককে বাষ্প পাতনে পাইরোলকে পুনরুদ্ধার করা হয়।

সংশ্লেষণ : (1) অ্যামোনিয়াম মিউসেটকে (Ammonium mucate) পাতনে পাইরোল পাওয়া যায়। অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিতে গ্লিসারল ব্যবহারে পাইরোলের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

$$\begin{matrix} CHOH\cdot CHOH\cdot CO_2NH_4 \\ | \\ CHOH\cdot CHOH\cdot CO_2NH_2 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH=CH \\ | \\ CH=CH \end{matrix}\!\!>\!NH + 2CO_2 + NH_3 + 4H_2O$$

(2) জিঙ্ক চূর্ণ মিশিয়ে সাকসিনামাইডকে পাতিত করলে পাইরোল পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{matrix}\!\!>\!NH + 2Zn \longrightarrow \begin{matrix} CH=CH \\ | \\ CH=CH \end{matrix}\!\!>\!NH + 2ZnO$$

(3) অ্যামোনিয়া ও অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণকে লোহিত তপ্ত নলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে পাইরোল পাওয়া যায়।

$$2\,C_2H_2 + NH_3 \longrightarrow \text{[pyrrole ring]}NH$$

পাইরোলের গঠন ঃ পাইরোলে অবস্থিত নাইট্রোজেনে এক জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন আছে, যা সংস্পন্দন গঠনে অংশ নেয়। ফলে পাইরোলের অ্যারোম্যাটিক ধর্ম লাভ করে। তবে পাইরোলের অ্যারোম্যাটিক ধর্ম ফিউরানের থেকে বেশি তবে বেনজিনের থেকে কম।

[Resonance structures of pyrrole: N–H ring structures with charges ↔ ↔ ↔ ↔]

ধর্ম ঃ ক্লোরোফর্মের মত গন্ধ বিশিষ্ট বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 131°C। পাইরোল জলে স্বল্প দ্রাব্য কিন্তু জৈব দ্রাবকে খুবই দ্রাব্য। বাতাসে খুলে রাখলে পাইরোল বাদামী বর্ণে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ পাইরোলের গঠন বলে দিচ্ছে যে, এটি দ্বিতীয়ক অ্যামিন (ক্ষারক), কিন্তু এর দ্বিতীয়ক অ্যামিনের ধর্ম খুবই দুর্বল, কারণ পাইরোল নিজে খুব ধীরে ধীরে শীতল অ্যাসিডে দ্রাব্য এবং এই দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে পাইরোল রেড (Red) উৎপন্ন হয়।

অনেক বিক্রিয়ায় পাইরোল ফিনলের মত আচরণ করে। উভয়েই মৃদু অ্যাসিড। পাইরোল পটাশিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় পটাশিও পাইরোল উৎপন্ন করে এবং হাইড্রোজেন মুক্ত করে।

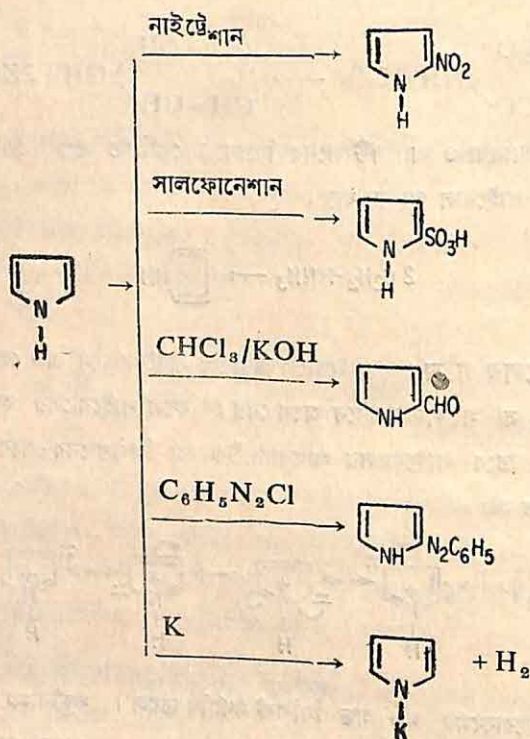
প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় পাইরোল ফিনলের মত আচরণ করে। এই সমস্ত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার মধ্যে সালফোনেশান, নাইট্রেশান হ্যালোজিনেশান, অ্যালকাইলেশান, ডায়াজো সংযোগ ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য।

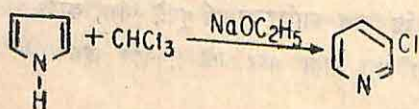
পাইরোল (NH) → নাইট্রেশান → 2-NO_2 পাইরোল (N–H)

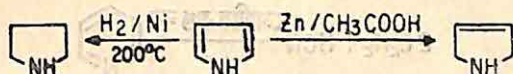
পাইরোল → সালফোনেশান → 2-SO_3H পাইরোল (N–H)

পাইরোল → $CHCl_3/KOH$ → 2-CHO পাইরোল (NH)

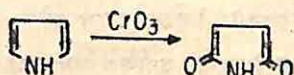
পাইরোল → $C_6H_5N_2Cl$ → 2-$N_2C_6H_5$ পাইরোল (NH)

পাইরোল → K → N–K পাইরোল $+ H_2$

পটাশিও পাইরোলের সঙ্গে ক্লোরোফর্ম ও সোডিয়াম ইথক্সাইডের বিক্রিয়ায়ও ক্লোরো পিরিডিন পাওয়া যায়।

$$\text{Pyrrole (N–H)} + CHCl_3 \xrightarrow{NaOC_2H_5} \text{3-Chloropyridine (Cl)}$$

জিঙ্ক ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে পাইরোলের বিক্রিয়ায় পাইরোল বিজারিত হয়ে পাইরোলিন পাওয়া যায়। কিন্তু নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে 200°C-এ হাইড্রোজেন দিয়ে পাইরোলকে বিজারিত করলে পাইরোলিডিন পাওয়া যায়।

$$\text{পাইরোলিডিন} \xleftarrow[200°C]{H_2/Ni} \text{পাইরোল} \xrightarrow{Zn/CH_3COOH} \text{পাইরোলিন}$$

পাইরোলিডিন পাইরোলিন

অ্যাসিটিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ক্রোমিক অ্যাসিড পাইরোলকে জারিত করে ম্যালেইক ইমাইডে পরিণত করে।

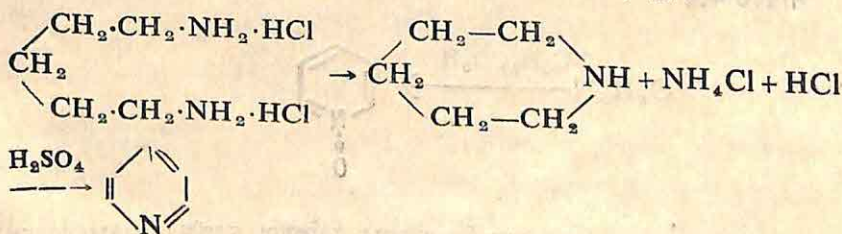
$$\text{পাইরোল} \xrightarrow{CrO_3} \text{ম্যালেইক ইমাইড}$$

সনাক্তকরণ : পাইরোলে পাইন কাঠের টুকরো ভিজিয়ে নিয়ে আগুনের শিখায় ধরলে শিখার বর্ণ গাঢ় লাল হয়। এই পরীক্ষা কেবলমাত্র পাইরোল দেয়।

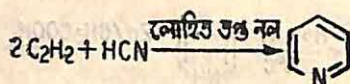
পিরিডিন, C_5H_5N : একটি নাইট্রোজেন পরমাণু বিশিষ্ট ছয় সদস্যের অসমচক্র যৌগ। আলকাতরা থেকে প্রাপ্ত লঘু তেলে (Light oil) এবং হাড় থেকে প্রাপ্ত তেলে পিরিডিন পাওয়া যায়। একাধিক অ্যালকালয়েড ভেঙ্গে গিয়ে পিরিডিন উৎপন্ন করে।

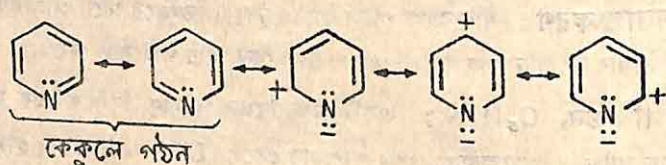
প্রস্তুতি : লঘু তেলে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে ঝাঁকালে পিরিডিন অন্যান্য ক্ষারক্ষীয় পদার্থের সঙ্গে অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে যায়। ঐ অ্যাসিড স্তরকে পৃথক করে কস্টিক সোডা দিয়ে প্রশমিত করলে তেলের মত পদার্থ পাওয়া যায়, যাকে পুনঃপুন আংশিক পাতনে পিরিডিন পাওয়া যায়।

সংশ্লেষণ : (1) পেণ্টামেথিলিন ডাইঅ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করে প্রাপ্ত পিপারিডিনকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা নাইট্রোবেনজিন দিয়ে যথাক্রমে 300° বা 260°C-এ উত্তপ্ত করে জারিত করলে পিরিডিন পাওয়া যায়।

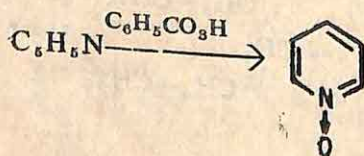
$$CH_2\begin{cases}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}NH_2{\cdot}HCl\\ CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}NH_2{\cdot}HCl\end{cases} \rightarrow CH_2\begin{cases}CH_2-CH_2\\ CH_2-CH_2\end{cases}NH + NH_4Cl + HCl$$

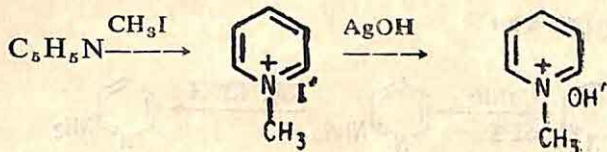
$$\xrightarrow{H_2SO_4} \text{পিরিডিন}$$

(2) অ্যাসিটিলিন ও হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড মিশ্রণকে লোহিত তপ্ত নলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে পিরিডিন পাওয়া যায়।

$$2C_2H_2 + HCN \xrightarrow{\text{লোহিত তপ্ত নল}} \text{(পিরিডিন)}$$

পিরিডিনের গঠন ঃ পিরিডিন অণুর সংস্পন্দন গঠন কেকুলের দেওয়া বেনজিনের দুটি সদৃশ গঠনের মত ছাড়াও আরো তিন সংস্পন্দন গঠন হয়। ঐ তিনটি গঠনে অধিকতর ইলেকট্রন আকর্ষী নাইট্রোজেন পরমাণু α বা γ অবস্থানের কার্বনের থেকে একজোড়া ইলেকট্রন নিজের কাছে টেনে নেয় এতে কার্বন পরমাণুটি ধনাত্মক আধান যুক্ত এবং নাইট্রোজেনটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়।

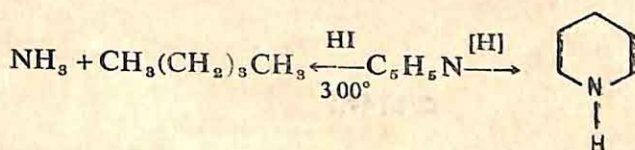
কেকুলে গঠন

ধর্ম ঃ পিরিডিন হলো বিশ্রী গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 115°C। জলে সম্পূর্ণভাবে মিশে যায় এবং অত্যন্ত জলাকর্ষী পদার্থ। কঠিন কস্টিক পটাশ দিয়ে পিরিডিনকে জল মুক্ত করা হয়। প্রায় সমস্ত জাতের জৈব যৌগ পিরিডিনে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ পিরিডিন মৃদু তৃতীয়ক অ্যামিন এবং এর অম্লগ্রাহীতা এক। পিরিডিন অ্যাসিডের সঙ্গে প্রশম ও স্থায়ী লবণ উৎপন্ন করে। বেনজিনের মত পিরিডিনকেও ক্রোমিক অ্যাসিড বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করা যায় না। কিন্তু পারবেনজোরিক অ্যাসিড পিরিডিনকে জারিত করে অ্যামিন অক্সাইডে পরিণত করে।

$$C_5H_5N \xrightarrow{C_6H_5CO_3H} C_5H_5N \rightarrow O$$

অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে পিরিডিনের বিক্রিয়ায় চতুর্থক (Quarternary) লবণ উৎপন্ন হয়, যা সিলভার হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় চতুর্থক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড নামে তীব্র ক্ষারধর্মী পদার্থ সৃষ্টি করে।

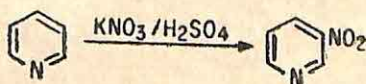
$$C_5H_5N \xrightarrow{CH_3I} \text{[N-মিথাইল পিরিডিনিয়াম } I'] \xrightarrow{AgOH} \text{[N-মিথাইল পিরিডিনিয়াম } OH']$$

চতুর্থক লবণ চতুর্থক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড

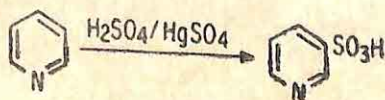
সোডিয়াম কোহল বা প্রভাবক নিকেলের উপস্থিতিতে বিজারণে পিরিডিন পিপারিডিন (Peperidine) পরিণত হয়।

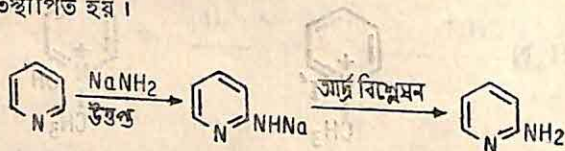
$$NH_3 + CH_3(CH_2)_3CH_3 \xleftarrow[300^\circ]{HI} C_5H_5N \xrightarrow{[H]} \text{পিপারিডিন (N–H)}$$

300°C-এ হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দিয়ে পিরিডিনকে উত্তপ্ত করলে n পেন্টেন ও অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়।

পিরিডিন অ্যারোম্যাটিক ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেনজিনের থেকে অধিক নিষ্ক্রিয়। ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া যদি হয় তবে সব সময় β অবস্থানে হয়। ফ্রিডেল ক্রাফট্ বিক্রিয়া পিরিডিন দেখায় না।

নাইট্রেশান : পিরিডিন সহজে নাইট্রেশান বিক্রিয়া দেখায় না। তবে 330°C-এ পিরিডিন ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করে তাতে পটাশিয়াম নাইট্রেট যোগ করলে নাইট্রো পিরিডিন উৎপন্ন হয়।

$$\text{পিরিডিন} \xrightarrow{KNO_3/H_2SO_4} \text{3-}NO_2\text{-পিরিডিন}$$

সালফোনেশান : 250°C-এ মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে পিরিডিনের সঙ্গে ওলিয়ামের বিক্রিয়ায় পিরিডিন ও সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$\text{পিরিডিন} \xrightarrow{H_2SO_4/HgSO_4} \text{3-}SO_3H\text{-পিরিডিন}$$

নিউক্লিয়োফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অ্যানায়নিক অংশ পিরিডিনের 2 বা 4 অবস্থানে প্রতিস্থাপিত হয়।

$$\text{Pyridine} \xrightarrow[\text{উত্তপ্ত}]{NaNH_2} \text{2-}NHNa\text{-pyridine} \xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষন}} \text{2-}NH_2\text{-pyridine}$$

ব্যবহার: (i) দ্রাবক হিসেবে, (ii) হ্যালোজেন ক্যারিয়ার হিসেবে এবং (iii) পার্কিন ও নোভেন্যাগেল বিক্রিয়ায় প্রভাবক হিসেবে পিরিডিন ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. অসমচক্রাকার যৌগ কাদের বলা হয়? উদাহরণ দাও।
2. ফিউরানকে কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? ফিউরানের গঠন ও ধর্ম সংক্ষেপে লেখ।
3. পাইরোল কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? পাইরোলের গঠন ও ধর্ম সংক্ষেপে বল।
4. পিরিডিনের প্রধান উৎস কি? পিরিডিনকে কিভাবে সংশ্লেষণ করা হয়?
5. রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পাইরোল ফিনলের মত আচরণ করে এবং ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়ায় পিরিডিন বেনজিনের থেকে কম সক্রিয়। ব্যাখ্যা কর।